



Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



IMPLICACIONES POTENCIALES DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS PARA EL TRANSPORTE Y LOS SISTEMAS URBANOS SEGÚN UNA ENCUESTA ONLINE

Trabajo realizado por:

Francisco Javier Grifé Ruiz

Dirigido:

Soledad Nogués Linares

Rubén Cordera Piñera

Titulación:

**Máster Universitario en Ingeniería de
Caminos, Canales y Puertos**

Santander, septiembre de 2019

TRABAJO FINAL DE MASTER

Resumen

Título

"Implicaciones potenciales de los vehículos autónomos para el transporte y los sistemas urbanos según una encuesta online"

Autor

Francisco Javier Grifé Ruiz

Directores

Soledad Nogués Linares

Rubén Cordera Piñera

Convocatoria

Septiembre 2019

Palabras Clave

- Vehículos autónomos
- Encuesta
- Impactos
- Movilidad
- Usos de suelo
- Urbanismo
- Dispersión urbana

Planteamiento y desarrollo

Los vehículos autónomos se convertirán en realidad en las próximas décadas. Fruto de los avances tecnológicos, estos vehículos serán capaces de circular sin necesidad alguna de que intervenga una persona física. Además de los desafíos tecnológicos a los que actualmente numerosas empresas e investigadores están haciendo frente, la comunidad científica ya se empieza a plantear qué posibles impactos tendrá la conducción autónoma en distintos campos.



Con este trabajo se pretende estudiar las consecuencias potenciales que podría conllevar la implantación de vehículos autónomos, atendiendo especialmente a sus efectos sobre el sistema de transporte, la ciudad y el territorio. La investigación se aborda fundamentalmente desde la perspectiva del usuario, para lo que se diseña, lleva a cabo y explota una encuesta online.

Esta encuesta se ha orientado al análisis de la percepción ciudadana sobre los interrogantes que plantea esta nueva forma de movilidad, así como a la exploración de políticas urbanísticas y territoriales que puedan encauzar su progresiva introducción.

Las primeras cuestiones planteadas a los participantes de la encuesta sirven para caracterizar a los usuarios y poder así sacar conclusiones sobre el resto de preguntas. El resto de preguntas han sido formuladas para obtener resultados relativos a los impactos que generarán los vehículos autónomos. Los principales resultados del análisis indican que los vehículos autónomos modificarán la movilidad de las personas y las dinámicas de crecimiento y expansión de las ciudades. Esto supondrá un cambio en la elección de modos de transporte, afectará a la demanda, y provocará modificaciones en las infraestructuras. El transporte será accesible para un mayor número de personas y se realizará de forma más eficiente. El uso compartido de los vehículos autónomos supondrá un aprovechamiento más eficiente de los vehículos existentes y reducirá los tiempos de espera. Además se modificarán los espacios urbanos para dar cabida a estos vehículos que tendrán distintas necesidades para su carga y almacenamiento. Las ciudades experimentarán un crecimiento y cambiarán su aspecto no sólo por la tipología de vivienda, sino también por cómo se vayan a planificar los usos del suelo.

Conclusiones

En este trabajo se han analizado las posibles implicaciones que puede traer consigo la llegada de los vehículos autónomos tanto para el sistema de transporte como para los sistemas urbanos en general.

La población tiene cierto grado de conocimiento de los vehículos autónomos, y ve con buenos ojos el utilizarlos de manera compartida con personas con las que tienen algún tipo de familiaridad. Los vehículos autónomos se ven una mejora que puede aportar muchos beneficios a la sociedad.

Los vehículos totalmente autónomos harán los viajes de forma que se reduzcan los costes y se mejore la seguridad. Estos vehículos serán más seguros tanto para los pasajeros como para los peatones y ciclistas.

Se mejorará el desplazamiento para niños, mayores y discapacitados, lo que puede conducir a un aumento en la demanda de viajes y que tengan lugar fenómenos de crecimiento en áreas suburbanas y por tanto se produzca una expansión urbana.

El uso de vehículos autónomos podrá conllevar una serie de beneficios ambientales para las áreas urbanas. Los vehículos autónomos serán menos contaminantes y darán pie a la creación de nuevas industrias. Tendrán un impacto positivo en la economía, aunque la previsible pérdida de puestos de trabajo es algo que los encuestados han destacado también como una posibilidad.

Se cree que los tiempos de viaje se reducirán, lo que hará que las personas estén dispuestas a pasar algo más de tiempo en los vehículos y por tanto recorran distancias algo mayores. La importancia del tiempo que se pasa dentro del vehículo es probable que se reduzca al poder realizar otro tipo de actividades como leer, estudiar, o estar trabajando desde un ordenador. Esta situación redundaría en la posibilidad de que se recorran distancias mayores, pudiendo provocar un aumento de la dispersión urbana o un incremento de la densidad de núcleos urbanos periféricos.

El hecho de que se crea que los vehículos autónomos vayan a competir con el transporte público en distancias medias y largas puede dar pie a validar el uso de vehículos autónomos compartidos como alternativa a los modos de transporte público tradicionales como bus y metro.

Las ciudades podrían ver modificadas dinámicas actuales de organización y ordenación urbana. Las vías y los aparcamientos presentarán en un futuro una imagen distinta a la de hoy en día, si el uso de los vehículos autónomos fuera mayoritariamente compartido. Los vehículos autónomos podrán ahorrar espacio, no solo reduciendo la cantidad de vehículos estacionados, sino también reduciendo el espacio requerido para estacionarlos.

Dado que los encuestados no tienden a preferir ubicaciones más distantes para vivir, ni tampoco para trabajar o estudiar, no deberían de producirse efectos de dispersión urbana, sino más bien de densificación de los centros de las ciudades. Esto choca con que, en su mayoría, los encuestados preferirían vivir en viviendas de tipología unifamiliar. Sin embargo, también valoraron la cercanía al trabajo y a los servicios como puntos positivos, por lo que los vehículos autónomos podrían favorecer la consolidación y crecimiento de núcleos periféricos en las ciudades en los



que se podría disponer de todas las dotaciones principales. Se puede hablar por lo tanto de que los vehículos autónomos pueden favorecer, en caso de que se controle su implantación con una planificación adecuada, un crecimiento urbano de tipo policéntrico y concentrado.

Bibliografía principal

Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P. D., Filippi, F., & Persia, L. (2015). Automated vehicles and the rethinking of mobility and cities. *Transportation Research Procedia*, 5, 145–160.

Begg, D. (2014). Vision for London : a 2050 Vision for London : what are the implications of driverless transport?

Heinrichs, D., 2016. Autonomous Driving and Urban Land Use. In: Maurer, M., Gerdes, J.C.; Lenz, B. & Winner, H. (eds.) *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*. Springer, Berlin, 213-231.

Milakis, D., Kroesen, M., & van Wee, B. (2018). Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment. *Journal of Transport Geography*, 68(December 2017), 142–148.

Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B., (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4), 324-348.

Abstract

Title

"Implications of autonomous vehicles for transport and urban systems using an online participatory survey"

Author

Francisco Javier Grifé Ruiz

Directors

Soledad Nogués Linares

Rubén Cordera Piñera

Call

September 2019

Key Words

- Autonomous vehicles / driverless cars
- Survey
- Impacts
- Mobility
- Land use
- Urbanism
- Urban sprawl

Approach and development

Autonomous vehicles will become a reality in the coming decades. As a result of technological advances, these vehicles will be able to circulate without any need for an individual to intervene. In addition to the technological challenges that many companies and researchers are

currently facing, the scientific community is already beginning to consider what possible impacts autonomous driving will have in different fields.

This work aims to study the potential consequences that the implementation of autonomous vehicles could entail, paying special attention to their effects on the transport system, the city and the territory. The research is mainly approached from the user's perspective, for which an online survey is designed, carried out and exploited.

This survey has been oriented to the analysis of citizen perception about the questions posed by this new form of mobility, as well as to the exploration of urban and territorial policies that can channel its progressive introduction.

The first questions raised to the survey participants serve to characterize the users and thus be able to draw conclusions about the rest of the questions. The rest of the questions have been asked to obtain results related to the impacts generated by autonomous vehicles. The main results of the analysis indicate that autonomous vehicles will modify the mobility of people and the dynamics of growth and expansion of cities. This will mean a change in the choice of modes of transport, will affect demand, and will cause infrastructure modifications. Transportation will be accessible to a greater number of people and will be done more efficiently. The shared use of autonomous vehicles will lead to a more efficient use of existing vehicles and reduce waiting times. In addition, urban spaces will be modified to accommodate these vehicles that will have different needs for loading and storage. Cities will experience growth and change their appearance not only by the type of housing, but also by how land uses are to be planned.

Conclusions

In this work we have analyzed the possible implications that the arrival of autonomous vehicles can bring both for the transport system and for urban systems in general.

The population has a certain degree of knowledge of autonomous vehicles, and looks forward to using them in a shared way with people with whom they have some kind of familiarity. Autonomous vehicles are an improvement that can bring many benefits to society.

Fully autonomous vehicles will travel in a way that reduces costs and improves safety. These vehicles will be safer for both passengers and pedestrians and cyclists.



Displacement for children, the elderly and the disabled will be improved, which can lead to an increase in the demand for travel and that phenomena of growth take place in suburban areas and therefore an urban expansion takes place.

The use of autonomous vehicles may entail a series of environmental benefits for urban areas. Autonomous vehicles will be less polluting and will lead to the creation of new industries. They will have a positive impact on the economy, although the foreseeable loss of jobs is something that respondents have also highlighted as a possibility.

It is believed that travel times will be reduced, which will make people willing to spend more time in vehicles and therefore travel somewhat longer distances. The importance of the time spent inside the vehicle is likely to be reduced by being able to perform other types of activities such as reading, studying, or working from a computer. This situation would result in the possibility of traveling greater distances, which may lead to an increase in urban dispersion or an increase in the density of peripheral urban centers.

The fact that it is believed that autonomous vehicles will compete with public transport over medium and long distances can lead to validating the use of shared autonomous vehicles as an alternative to traditional public transport modes such as bus and subway.

Cities could see current dynamics of urban organization and planning modified. The roads and parking lots will present a different image in the future than today, if the use of autonomous vehicles were mostly shared. Autonomous vehicles can save space, not only by reducing the number of parked vehicles, but also by reducing the space required to park them.

Since respondents do not tend to prefer more distant locations to live, nor to work or study, urban dispersal effects should not occur, but rather densification of city centers. This clashes with the fact that, for the most part, respondents would prefer to live in single-family dwellings. However, they also valued the proximity to work and services as positive points, so that autonomous vehicles could favor the consolidation and growth of peripheral nuclei in cities where all the main allocations could be available. One can therefore speak of the fact that autonomous vehicles can favor, in the event that their implementation is controlled with proper planning, an urban growth of a polycentric and concentrated type.

Main bibliography

- Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P. D., Filippi, F., & Persia, L. (2015). Automated vehicles and the rethinking of mobility and cities. *Transportation Research Procedia*, 5, 145–160.
- Begg, D. (2014). Vision for London : a 2050 Vision for London : what are the implications of driverless transport?
- Heinrichs, D., 2016. Autonomous Driving and Urban Land Use. In: Maurer, M., Gerdes, J.C.; Lenz, B. & Winner, H. (eds.) *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*. Springer, Berlin, 213-231.
- Milakis, D., Kroesen, M., & van Wee, B. (2018). Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment. *Journal of Transport Geography*, 68(December 2017), 142–148.
- Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B., (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4), 324-348.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mis directores de proyecto Soledad Nogués Linares y Rubén Cordera Piñera por el apoyo que me han prestado durante el desarrollo de este trabajo.

Quiero también expresar mi gratitud a todos y cada uno de los profesores y compañeros de esta Escuela por los conocimientos que me han aportado, no sólo en cuestiones académicas sino también a nivel humano.

Además, quiero dar las gracias a todas las personas que han tomado tiempo de su día para participar en esta encuesta, lo que ha hecho posible que pudiera completar este proyecto.

Estas últimas palabras se las dedico a las personas más importantes para mí, sin las cuales no habría sido capaz de seguir adelante. A mi hermana, a mi abuelo, a mis primas y a Enrique por todo su apoyo. A mi padre por enseñarme lo que es el trabajo duro y la perseverancia. A mi madre por mantener la alegría en los malos momentos. Y a mi tía por todos los sacrificios que ha hecho por mí.

A todos, gracias.

Índice

Resumen	1
Abstract	5
Agradecimientos	9
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras	12
1. Introducción	14
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Estructura del trabajo.....	15
2. Estado del Arte	17
2.1 Características de los vehículos autónomos	17
2.1.1 ¿Qué es un vehículo autónomo?	17
2.1.2 Niveles de conducción autónoma	19
2.1.3 Desempeño futuro	21
2.2 Grado de conocimiento de los vehículos autónomos	22
2.3 Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos	24
2.3.1 Medio ambiente	26
2.3.2 Impactos sociales.....	26
2.3.3 Impactos económicos	28
2.3.4 Seguridad	29
2.4 Impactos en la movilidad, la accesibilidad y las infraestructuras ...	31
2.4.1 Impactos en la demanda.....	31
2.4.2 Tiempo y coste	34
2.4.3 Accesibilidad.....	38
2.4.4 Infraestructuras y capacidad de las carreteras	41
2.5 Usos de suelo, ciudad y territorio.....	43
2.5.1 Contexto	43
2.5.2 Usos de suelo-Zonificación.....	44
2.5.3 Densidad y dispersión urbana.....	46
2.5.4 Impactos en la demanda y la eficiencia de los aparcamientos	47
2.6 Encuestas previas sobre vehículos autónomos	50

3. Encuesta	52
3.1 Descripción de la encuesta.....	53
3.2 Diseño de la encuesta. Metodología	54
3.2.1 Apartados de la encuesta.....	55
3.3 Resultados	64
3.3.1 Caracterización de los usuarios	64
3.3.2 Caracterización de los viajes	70
3.3.3 Grado de conocimiento de los vehículos autónomos.....	75
3.3.4 Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos	78
3.3.5 Movilidad, accesibilidad e infraestructuras.....	81
3.3.6 Usos de suelo ciudad y territorio	85
3.4 Síntesis de resultados.....	91
3.5 Discusión contrastada	93
4. Conclusiones	99
Referencias.....	102

Índice de tablas

Tabla 1. Niveles de autonomía según la SAE (2019)	19
Tabla 2. Resumen de impactos de los vehículos autónomos.....	25
Tabla 3. Preguntas y respuestas obtenidas de la encuesta planteada. .	59
Tabla 4. Resultados de tiempo de transporte al día.....	72
Tabla 5. Resultados de la preferencia de dotaciones a la hora de elegir vivienda para la opción "otros".	75
Tabla 7 Resumen de resultados: Caracterización de los viajes.	92
Tabla 8 Resumen de resultados: Grado de conocimiento de los vehículos autónomos e intención de uso y consecuencias e impactos generales	92
Tabla 6 Resumen de resultados: Caracterización del usuario.....	92
Tabla 9 Resumen de resultados: Movilidad, usos de suelo, ciudad y territorio.	93
Tabla 10 Resultados demográficos del estudio de Kaur & Rampersad (2018)	94

Índice de figuras

Ilustración 1. Resultados por sexo.	65
Ilustración 2. Resultados por edad.	65
Ilustración 3. Resultados por nivel educativo.....	66
Ilustración 4. Resultados por situación laboral.	67
Ilustración 5. Resultados por sector de trabajo.....	68
Ilustración 6. Resultados por ingresos mensuales netos en €.	69
Ilustración 7. Resultados de lugar actual de residencia.....	70
Ilustración 8. Resultados sobre la posesión de carnet de conducir.	70
Ilustración 9. Resultados sobre la posesión de vehículo propio.	71
Ilustración 10. Resultados de motivo de viaje más habitual.	72
Ilustración 11. Resultados sobre tipología de vivienda.....	73
Ilustración 12. Resultados de aspectos relevantes a la hora de elegir vivienda.....	74
Ilustración 13. Resultados de la preferencia de dotaciones a la hora de elegir vivienda.....	74
Ilustración 14. Resultados sobre el grado de conocimiento de los vehículos autónomos.....	76
Ilustración 15. Resultados referentes a la voluntad de adquirir un vehículo autónomo.	76
Ilustración 16. Resultados a la pregunta 23.....	77
Ilustración 17. Resultados sobre la posibilidad de compartir un vehículo autónomo.	78

Ilustración 18. Resultados sobre si los encuestado creen que se reducirá la polución.....	77
Ilustración 19. Resultados sobre la mejora de desplazamiento para grupos dependientes.	79
Ilustración 20. Resultados de opinión en cuanto al impacto en la economía.	80
Ilustración 21. Resultados sobre la opinión en seguridad.....	81
Ilustración 22. Resultados sobre si se cree que se reducirán los tiempos de viaje.	81
Ilustración 23. Resultados sobre distancias cortas.....	82
Ilustración 24. Resultados sobre largas distancias.	82
Ilustración 25. Resultados sobre la disposición al cambio de bus y taxi por vehículos autónomos.	83
Ilustración 26. Resultados sobre la tarifa admisible por los encuestados.	84
Ilustración 27. Resultados sobre a dónde se realizarían más viajes.	84
Ilustración 28. Resultados sobre si se aprovecharía el tiempo durante el trayecto.....	85
Ilustración 29. Resultados sobre la reducción de plazas de aparcamientos	86
Ilustración 30. Resultados sobre dónde reducir los aparcamientos.	87
Ilustración 31. Resultados sobre ubicación de posibles aparcamientos para vehículos autónomos.....	87
Ilustración 32. Usos plazas de aparcamiento innecesarias.....	88
Ilustración 33. Resultados sobre puntos de recogida para pasajeros.....	88
Ilustración 34. Resultados sobre puntos de carga.....	89
Ilustración 35. Resultados sobre restricción de vehículos autónomos.	89
Ilustración 36. Resultados sobre la realización de actividades en lugares más lejanos.	90
Ilustración 37. Resultados sobre la posibilidad de elegir ubicaciones más distantes para vivir.	91
Ilustración 38 Resultados demográficos del estudio de Piao et al. (2016)	94

1. Introducción

La movilidad basada en vehículos autónomos sin conductor plantea una serie de desafíos tanto a nivel tecnológico, como es el desarrollo de nuevos sistemas de comunicación entre vehículos o con la propia infraestructura, como en el ámbito del transporte y los sistemas urbanos.

La futura implementación de este tipo de vehículos conlleva una serie de impactos en campos muy diferentes, como la economía o la seguridad, entre otros. Dentro del ámbito de estudio del proyecto, este trabajo se centra en cómo va a afectar al transporte, la ciudad y el territorio la previsible implementación de vehículos autónomos, planteándose cuestiones como: la necesidad de infraestructuras específicas; la posible reducción en el valor del tiempo de viaje, lo que podría generar desplazamientos más largos, y un impacto sobre la dispersión urbana; o su capacidad para el aparcamiento autónomo, lo que podría liberar importantes espacios en los centros de las ciudades e implicar cambios en la estructura urbana.

Varios investigadores están centrando sus esfuerzos en ofrecer diversos planteamientos para conocer los posibles efectos y actuar ante los impactos que tendrán estos vehículos en nuestro entorno, proponiendo ideas y modelos para el ordenamiento urbano futuro.

Algunos de ellos (ej. Milakis et al., 2018), han realizado estudios que han servido para dar a conocer la opinión de los expertos sobre una serie de impactos potenciales de los vehículos autónomos. En este estudio se ha buscado ampliar el conocimiento mediante la exploración de estos impactos a través de un enfoque basado en los puntos de vista de la ciudadanía.

1.1 Objetivos

Este Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo establecer el grado de conocimiento que tiene la población acerca de la existencia y características de los vehículos autónomos, así como sobre los impactos que estos podrían tener, tanto sobre la movilidad como especialmente sobre los usos del suelo, la ciudad y el territorio. Para ello se realizará un Estado del Arte sobre los resultados y previsiones obtenidos hasta ahora

en otras investigaciones, así como una encuesta que permita recoger las percepciones y opiniones de la ciudadanía.

Los resultados a obtener pretenden sacar a la luz los aspectos más relevantes de los vehículos autónomos para las personas encuestadas y conocer sus preferencias, de forma que sirvan de base para adaptar los instrumentos de planificación urbanística a la implantación de los vehículos autónomos a una ciudad y un territorio que necesariamente deberán ser más sostenibles en el futuro.

1.2 Estructura del trabajo

En el presente texto se hará una introducción a conceptos relacionados con los vehículos autónomos, se definirá el concepto y los niveles de la conducción autónoma, se expondrán las implicaciones y los efectos previstos en la futura configuración de las ciudades, y se realizará una encuesta para conocer las preferencias en cuanto al aprovechamiento del espacio urbano, dando paso al posterior análisis de resultados y conclusiones.

El Estado del Arte recoge las últimas investigaciones en materia de futuros impactos de los vehículos autónomos en la movilidad, la ciudad, el territorio, así como en otros ámbitos, como el medio ambiente, la economía y la seguridad. En este apartado se abordan cuestiones que influirán en la configuración de los espacios públicos y la futura red de transportes; se hablará de la variación que sufrirá la demanda de transporte, de tarifas y precios de los vehículos autónomos, así como de los posibles efectos contrapuestos de urban sprawl o dispersión urbana y aumento de densidad fruto de la nueva forma de viajar.

Entre las consecuencias generales de los vehículos autónomos, se estudian en este apartado los impactos sobre el medio ambiente, derivados de la reducción de las emisiones contaminantes; aspectos sociales, como la movilidad de personas dependientes que, gracias a los avances tecnológicos, tendrán la oportunidad de viajar sin grandes complicaciones; así como los beneficios económicos que puede acarrear la introducción en el mercado de este tipo de vehículos.

El siguiente bloque se enfoca al estudio de la movilidad, analizando los tiempos de viaje, qué modos de transporte se emplean y tarifas y precios de estos.



El último bloque dentro del Estado del Arte recoge los frutos de varias investigaciones en lo referente a los usos del suelo en la ciudad y en el territorio. Aquí se abordan cuestiones relacionadas con los posibles impactos sobre el espacio urbano y las modificaciones que conllevarán de cara a cambios en los aparcamientos, carga y almacenamiento de los vehículos autónomos, puntos de recogida de viajeros, y las líneas de pensamiento sobre la estructura urbana en el futuro.

Una vez finalizado el Estado del Arte, se desarrolla la encuesta. Se realiza una descripción de la encuesta que se ha llevado a cabo y se desgranar las diferentes variables que han servido para diseñarla. Se explican los objetivos que hay detrás de cada pregunta para el posterior análisis de las respuestas en la evaluación de las variables.

Tras comenzar con una caracterización del usuario y de los viajes, el contenido de la encuesta sigue la estructura propuesta en el capítulo sobre el Estado del Arte, planteando cuestiones sobre el grado de conocimiento de los usuarios sobre los vehículos autónomos, los aspectos vinculados al transporte y aquellos referidos a la ciudad y el territorio.

Por último, se exponen las conclusiones a las que se ha llegado tras efectuar el análisis antes mencionado.

2. Estado del Arte

Como punto de partida del TFM se procederá a realizar una compilación de los principales resultados que pueden extraerse de las investigaciones más importantes y recientes sobre el tema. Esta puesta al día del estado de la cuestión se realizará sobre los bloques principales que componen el trabajo y la encuesta, a saber:

- Características de los vehículos autónomos.
- Grado de conocimiento de los vehículos autónomos.
- Consecuencias e impactos generales.
- Impactos en la movilidad, accesibilidad e infraestructuras.
- Usos de suelo, ciudad y territorio.
- Encuestas previas sobre vehículos autónomos.

2.1 Características de los vehículos autónomos

Dada la novedad que suponen los vehículos autónomos, en este bloque se definirá qué es un vehículo autónomo, se darán a conocer sus características en función de su nivel de autonomía y se expondrán las siguientes etapas de su desarrollo cara a una futura implementación de estos.

La importancia de este apartado radica en su carácter introductorio, al tiempo que sirve para configurar las bases sobre las que se desarrolla la encuesta.

2.1.1 ¿Qué es un vehículo autónomo?

Los vehículos autónomos son coches capaces de conducir por sí mismos. La NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration, 2013), que es el organismo del gobierno estadounidense con competencias en vehículos autónomos, los define como vehículos que están diseñados para realizar todas las funciones de conducción críticas para la seguridad y monitorear las condiciones de la carretera durante todo un viaje.

Para llegar a esta definición se emplearon varias clasificaciones de los vehículos autónomos por niveles de automatización. La primera clasificación fue la elaborada en 2013 por la NHTSA en cinco niveles, en función de las tareas que era capaz de hacer por sí mismo el coche. Además, en 2013 se creó una clasificación en Alemania, por parte del BAST, el Instituto Federal de Investigación de Carreteras (Bartels, Hesse, Ruth-schumacher, & Vogt, 2013). Más tarde en 2014 la SAE (Sociedad de Ingenieros Automotrices) estableció su clasificación, denominada STANDARD J3016 (SAE, 2014), en la que se fijan seis niveles de conducción autónoma atendiendo a otra forma de clasificación, centrada en los tipos de intervención que ha de llevar a cabo el conductor en el coche.

Ambas clasificaciones estuvieron coexistiendo hasta que en septiembre de 2016 la NHTSA adoptó la clasificación de la SAE (2016). No obstante, hay que puntualizar que dada su naturaleza de “standard” no constituye ninguna norma de obligado cumplimiento, sino más bien una serie de recomendaciones de buenas prácticas para fabricantes de coches a adoptar en el futuro más inmediato. Actualmente existe una versión revisada del standard en 2018 (SAE, 2019).

La SAE establece cuatro tipos de usuario, siendo estos el conductor, los pasajeros, el usuario de respaldo y el *dispatcher* o gestor. El usuario de respaldo hace referencia al conductor o sistema de respaldo -en caso de conducción autónoma-, que toma el control en caso de fallo del sistema principal. El *dispatcher* (gestor) se refiere al trabajador de taxis autónomos que recibe el pedido de un taxi y se encarga de verificar que el vehículo tiene el sistema en correcto funcionamiento y programa la ruta para el cliente.

Otros aspectos clave de la conducción autónoma son el movimiento, la detección de objetos y el respaldo de la conducción. El movimiento puede ser longitudinal, de aceleración y frenado; y lateral, referido al control del volante. La detección de objetos y eventualidades durante la conducción permite reconocer el objeto con el que el vehículo se topa, ya que es posible que, dependiendo de la tecnología empleada sólo reconozca ciertos objetos como coches colindantes. El respaldo de la conducción entra en juego en caso de fallo del sistema de conducción automatizada, pudiendo ser un segundo sistema de respaldo automatizado o el propio conductor del coche.

Los vehículos autónomos funcionarán según las condiciones que sea capaz de sobrellevar el sistema de conducción, que son de visibilidad y de localización geográfica. Las condiciones de visibilidad han de ser captadas por sensores, teniendo en cuenta su capacidad y limitaciones. Situaciones de niebla o carreteras con marcas viales borradas o en mal estado son algunos ejemplos de condiciones que el vehículo autónomo

ha de ser capaz de reconocer. En cuanto a la localización geográfica del vehículo hay que tener presente la posibilidad de la existencia de coches que pueden no ser capaces de conducir donde no haya mapas GPS precisos y detallados para poder desenvolverse en su ruta. Dependiendo del grado de implementación de estos factores, los vehículos autónomos se clasifican según una serie de niveles, que se describen a continuación.

2.1.2 Niveles de conducción autónoma

Los seis niveles de conducción autónoma intentan ser una clasificación universal capaz de abarcar todos los coches que existen actualmente en el mercado.

La clasificación, según la SAE (2019), empieza en un nivel 0, que se corresponde con los coches convencionales, pudiendo llegar hasta 5, cuando se alcanza el mayor grado de independencia de los pasajeros para su incorporación al tráfico.

0 Sin autonomía	1 Asistencia al conductor	2 Autonomía parcial	3 Autonomía condicionada	4 Alta autonomía	5 Autonomía completa
El conductor es quien realiza todas las tareas	El vehículo es controlado por el conductor, sin embargo, algunas características de asistencia a la conducción pueden estar incluidas en el diseño del vehículo	El vehículo combina funciones autónomas como aceleración y frenado, pero el conductor ha de permanecer conduciendo y alerta para controlar el entorno en todo momento	El conductor no es requerido para controlar en entorno. Ha de estar preparado para tomar el control del vehículo todo el tiempo.	El vehículo es capaz de realizar todas las funciones de conducción bajo determinadas condiciones. El conductor puede tener la opción de controlar el vehículo.	El vehículo es capaz de realizar todas las funciones de conducción bajo todas las condiciones. El conductor ha de tener la opción de controlar el vehículo.

Tabla 1. Niveles de autonomía según la SAE (2019)



El nivel 1 hace referencia a la asistencia al conductor, contando con un sistema de ayuda al conductor, con movimiento longitudinal o transversal pero no los dos a la vez. También comprende asistencia a acciones como el acelerado y frenado o reconocimiento del vehículo de delante, y control del volante para la situación de movimiento transversal. Cualquier coche que pueda equipar un control de velocidad entra en esta clasificación.

El nivel 2 comprende la automatización parcial de la conducción. En este nivel se tienen los dos sistemas de control de movimiento y los dos funcionan a la vez. Aceleran, frenan, mantienen la distancia de seguridad y pueden girar y cambiar de carril. El conductor sigue teniendo que estar atento

Dentro del nivel 3 nos encontramos con la automatización condicionada de la conducción, parecido al nivel 2 pero la detección y respuesta ante objetos y eventualidades es completa, los sensores reconocen todo en la carretera, el conductor pasa a denominarse usuario de respaldo, que tendrá que tomar el control en caso de que se produzca un fallo o se pierdan las condiciones óptimas de utilización del sistema, como líneas borradas. Un vehículo actual con estas características es el Tesla model S pero con el sistema autopilot 2.0.

Con el nivel 4 se llega a la denominada automatización alta de la conducción, en la que el sistema controla el movimiento, tiene detección y respuesta completa, y además el conductor también es prescindible, no es necesario que el conductor sea usuario de respaldo. Habría un segundo sistema de respaldo de conducción automatizada. En caso de necesidad llevaría al vehículo a una situación de riesgo mínimo, aunque sigue habiendo condicionantes. Hoy en día no hay ningún coche a la venta dentro de este nivel, sólo existen prototipos, como el coche autónomo de Google.

El último nivel es el nivel 5, en el que ya la automatización de la conducción es completa. El coche es capaz de conducir el sólo en todas las circunstancias y sin limitaciones.

Las principales diferencias entre los niveles 4 y 5 son que en los dos no es necesario un conductor, pero el nivel 4 todavía tiene ciertas limitaciones relativas a las condiciones óptimas de funcionamiento. Podría darse el caso de que el coche ni siquiera con el sistema de respaldo sea capaz de seguir conduciendo. Esto no sucedería teóricamente en uno de nivel 5. En el nivel 5 hoy en día solo hay prototipos.

Todos estos avances van a llegar y van a aportar ventajas en comodidad y en mejora de la seguridad vial, siendo los usuarios quienes tienen que

ser conscientes del nivel de automatización del coche y evitar distracciones en la conducción.

2.1.3 Desempeño futuro

Alberto Broggi (IEEE, 2012), miembro senior del US Institute of Electrical Engineers ha estimado que hasta el 75% de todos los vehículos serán autónomos en 2040. Los fabricantes de automóviles y las empresas de tecnología como Google han estado progresando rápidamente en el desarrollo de vehículos autónomos. Estiman que para 2035, el 75% de los vehículos vendidos podrán operar de manera autónoma según los niveles 3 o 4. Especialistas en investigación "navigant" prevén que los vehículos autónomos ganarán gradualmente tracción en el mercado en las próximas dos décadas y llegarán a suponer también el 75% de todos los servicios ligeros.

Incluso las proyecciones más optimistas indican que pasarán muchos años antes de que un hogar típico pueda comprar un vehículo autónomo (nivel cuatro), y décadas antes de que sean lo suficientemente comunes como para afectar sustancialmente al mercado (Begg, 2014). Los recientes anuncios de que los principales fabricantes aspiran a vender vehículos autónomos en pocos años han aumentado las expectativas de que la tecnología pronto estará disponible y solucionará problemas de transporte, tales como la congestión del tráfico y los accidentes. Pero un análisis más crítico sugiere que tales vehículos tendrán solo un modesto impacto en el futuro inmediato. Existe una considerable incertidumbre sobre los costos y beneficios reales de los vehículos autónomos y con qué rapidez serán adoptados. Si siguen los patrones de tecnologías anteriores, es probable que los primeros vehículos autónomos sean costosos e imperfectos.

Según Begg (2014), la experiencia con la asimilación de los vehículos eléctricos, que han demostrado ser mucho más lentos de lo previsto, es bastante indicativa. En la década de 2020 y quizás en la de 2030, es más probable que los vehículos autónomos sean novedades caras que podrán operar bajo condiciones limitadas, con un conductor con licencia al volante listo para intervenir cuando sea necesario. Probablemente se introduzcan en los años 2040 o 2050, cuando las familias de ingresos medios puedan comprar estos vehículos de tal manera que puedan transportar con seguridad a los no conductores; y más adelante llegarán a los hogares de bajos ingresos. También es completamente factible que una porción significativa de los conductores

siga prefiriendo conducir sus vehículos de todos modos, por lo que el tráfico se mezclará.

Un problema crítico, según Fagnant & Kockelman (2015), será el grado en que los beneficios se pueden lograr cuando solo un porcentaje de vehículos sean autónomos. Los servicios de taxi y uso compartido de automóviles tendrán lugar cuando los vehículos autónomos sean relativamente costosos y poco comunes. Pero la mayoría de los beneficios requerirán que la mayoría o todos los vehículos en una carretera sean autónomos. Por lo tanto, parece poco probable que la capacidad pueda aumentar significativamente, los requisitos de estacionamiento se reduzcan significativamente y que los carriles de tráfico se reduzcan o las señales de tráfico se eliminen hasta que se automatice la mayoría del tráfico en las carreteras afectadas.

Según Martínez-Díaz & Soriguera (2018), los primeros prototipos de este tipo de vehículos han sido diseñados con parámetros extremadamente conservadores para garantizar la seguridad y la comodidad. Como veremos, numerosos estudios concluyen que, si se introdujera una tasa significativa de vehículos autónomos en el flujo de tráfico, la congestión aumentaría debido a la reducción de la capacidad. Los vehículos intercambiarían información y tomarían decisiones de cooperación en busca de seguridad y eficiencia global del sistema, a pesar de sus intereses particulares. Las estrategias de gestión de tráfico deben diseñarse pues para hacer frente inicialmente a un entorno de tráfico mixto y adaptarse de manera gradual según el aumento en el porcentaje de vehículos autónomos.

El diseño de estrategias avanzadas de gestión de tráfico es un desafío, y como todavía no hay vehículos autónomos disponibles, se están utilizando simuladores o vehículos de prueba para analizar la eficacia del sistema de transporte con estos nuevos vehículos ya implementados. No obstante, según Martínez-Díaz & Soriguera (2018), su calibración no es posible hoy en día debido a la falta de datos reales.

2.2 Grado de conocimiento de los vehículos autónomos

En este capítulo se buscará conocer la familiaridad que tiene la ciudadanía con los vehículos autónomos y la opinión general sobre los mismos. Se hablará de investigaciones que han llevado a cabo estudios similares sobre la opinión pública en el campo de la conducción autónoma.



En el estudio llevado a cabo por Schoettle & Sivak (2014) "A survey of public opinion about autonomous and self driving vehicles in the U.S. the U.K. and Australia", la mayoría de los encuestados en cada uno de los tres países habían oído hablar de Vehículos autónomos antes de la encuesta. Los EE. UU. tuvieron el mayor porcentaje de respuestas de encuestados que habían escuchado previamente de sistemas de autonomía o autodirección en vehículos (70.9%), seguido por el Reino Unido (66%) y Australia (61,0%).

Los encuestados tuvieron una impresión positiva de la tecnología, con las respuestas más positivas procedentes de Australia (61,9%), seguidos de los EE. UU. (56,3%) y Reino Unido (52,2%). Solo un modesto porcentaje de los encuestados tuvo alguna impresión negativa, con la más alta incidencia en los EE. UU. (16,4%), seguida de Reino Unido (13,7%) y Australia (11,3%). Aproximadamente el 30% de los encuestados en cada país tenía una opinión neutral de los vehículos autónomos. En la encuesta de percepciones de los usuarios llevada a cabo por Hulse et al. (2018) reveló que los vehículos autónomos eran en la actualidad percibidos también de forma positiva en general.

En el estudio "Public views towards implementation of automated vehicles in urban areas" Jinan Piao et al. (2016) observaron que, en general, las actitudes del público fueron también positivas hacia la implementación de vehículos autónomos en áreas urbanas. Los autobuses autónomos serían la opción más atractiva pues existirían tarifas más bajas debido a que no hay costos de conductor. La mayoría de las personas encuestadas por ellos declararon que preferirían los autobuses autónomos sobre los autobuses convencionales si circularan tanto autónomos como convencionales. La encuesta arrojó respuestas de 1533 personas de 18 años o más. La mayoría de los encuestados había oído hablar previamente de los vehículos autónomos, y tenía una opinión inicial positiva de la tecnología.

Por otro lado, la mayoría de los encuestados expresaron altos niveles de preocupación por la seguridad asociada a los vehículos autónomos. En contraposición, Hulse et al. (2018) analizaron las percepciones de riesgo cualitativas, que fueron calificadas relativamente bien en comparación con modos de transporte existentes, y en términos de actitudes hacia ellos se mostró poca oposición. La seguridad de los pasajeros sería uno de los temas más preocupantes para los usuarios de los autobuses autónomos, especialmente durante los servicios nocturnos según Piao et al. (2018).

La mayoría de los encuestados por Schoettle & Sivak (2014) expresaron el deseo de tener esta tecnología en su vehículo. Sin embargo, la mayoría tampoco estaba dispuesta a pagar extra por la tecnología. Las



principales implicaciones de estos resultados son que el público en general en los tres países encuestados, al tiempo que expresaron altos niveles de preocupación por la conducción en los vehículos equipados con esta tecnología, se sienten optimistas respecto a los vehículos que conducen solos. Tienen expectativas optimistas de los beneficios, y en general desean probar esta tecnología cuando esté disponible (aunque la mayoría no está dispuesta a pagar extra por tal tecnología en este momento).

Sin embargo, aún se requiere esfuerzo para fomentar la aceptación generalizada. A pesar de que en todos los estudios se observa una baja tendencia hacia la negatividad, existen preocupaciones que abarcan más que solo cuestiones relacionadas con la seguridad vial. En el estudio de Hulse et al, se concluye que, para los pasajeros, un coche autónomo se percibe con un mayor riesgo que un automóvil operado por humanos. No obstante, para los peatones un coche autónomo es percibido como con un riesgo menor que un automóvil operado por humanos.

2.3 Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos

A lo largo de este apartado se estudiarán los principales efectos que se prevé que puedan tener lugar con la llegada a las carreteras de los vehículos autónomos. En esta introducción se hablará de los impactos que han estudiado otros autores y las formas que han empleado para analizarlos.

Los vehículos autónomos conllevan un gran número de implicaciones en ámbitos muy variados. No sólo van a suponer una modificación en el sistema de transporte de las ciudades, sino que, además, el espacio urbano se verá afectado a muchos niveles. La forma de movernos como la conocemos hoy en día cambiará por completo y los vehículos podrían ser más eficientes, no solo en materia de transporte de personas y bienes sino también energéticamente. También, la aparición de estos vehículos podría suponer el surgimiento de nuevas industrias que de un modo u otro afectarán a la economía y a la sociedad.

Los vehículos de conducción autónoma, dado su carácter innovador, tendrán impactos con consecuencias desconocidas, sobre todo una vez estén implementados por completo, pero también en sus etapas iniciales en las que habrá un período de transición y variará la penetración en el mercado. Previsiblemente, estos impactos dependerán de un gran

abánico de factores, como la forma en que se implanten estos vehículos, la convivencia con otros modos de transporte, así como la propia percepción que tenga la sociedad.

Dada la naturaleza innovadora que supone la conducción autónoma, hay un acuerdo entre los investigadores en lo que se refiere a los impactos que tendrán, y es que no se podrán conocer con absoluta certeza hasta que estén en circulación. Actualmente los expertos se están focalizando en explorar diversos escenarios hipotéticos para analizar el problema desde varios puntos de vista.

Milakis et al. (2018) hablan de que los impactos de los vehículos autónomos se producirán según tres categorías. Primero habla de los impactos en tráfico, costo de viaje y opciones de viaje; luego de la propiedad y la distribución de vehículos, de las opciones de ubicación y de los usos del suelo y de la infraestructura de transporte; y por último de energía, consumo, contaminación del aire, seguridad, equidad social, economía y salud pública.

A continuación, se habla sobre los impactos más relevantes hasta la fecha, siendo estos los cambios en la accesibilidad, las posibles fluctuaciones en la demanda del transporte, las variaciones en tiempo y coste que supondrán los vehículos autónomos, efectos socioeconómicos y principales consecuencias medioambientales asociadas a la conducción autónoma (los conceptos aparentemente contrapuestos de aumento densidad y dispersión urbana se tratarán más adelante).

Generales	Movilidad, accesibilidad e infraestructuras	Usos de suelo, ciudad y territorio
Medio ambiente Sociales Económicos Seguridad	Tiempo y coste Transporte compartido Infraestructuras y capacidad Accesibilidad Demanda	Densidad dispersión urbana Aparcamiento eficiente Demanda de aparcamiento Usos de suelo, zonificación

Tabla 2. Resumen de impactos de los vehículos autónomos

2.3.1 Medio ambiente

Los vehículos autónomos producirán una serie de impactos ambientales en cuanto a consumo de energía y emisiones contaminantes. El impacto ambiental se estima sobre la base de un análisis del ciclo de vida, que incluye las operaciones del vehículo (movimiento, arranque en frío...), pero también la fabricación de automóviles y la construcción de infraestructura relacionada (aparcamientos, estaciones de carga, depósitos de mantenimiento...).

Dado que el despliegue de vehículos autónomos compartidos reduce la flota total de vehículos (como se menciona anteriormente), su uso implica ahorros significativos en los costos. El alto uso del vehículo acorta su vida útil a 1,5-2,5 años (Zhang et al., 2018; Spieser et al., 2014) lo que ayuda a mejorar el rendimiento de la flota. Además, el uso de vehículos autónomos reduce en un 85% según Fagnant & Kockelman (2015) y en un 95% según Zhang et al. (2018) las emisiones inducidas por arranques en frío.

El uso compartido de vehículos podría ahorrar más del 4,7% de las emisiones de energía, gases de efecto invernadero y contaminantes (Zhang et al. 2018). Sin embargo, el uso de vehículos eléctricos generaría una demanda significativa de electricidad durante el período de carga pico del día (53% de la flota que carga simultáneamente). La carga rápida, aunque induce un 15% más de costo, es muy efectiva en la expansión de la demanda, con solo el 8% de la flota cargando durante el período de carga máxima (Leurent & Berrada, 2017).

2.3.2 Impactos sociales

Los vehículos totalmente autónomos, es decir, nivel 5 según la SAE, en principio harán los viajes de forma que se reduzcan los costes y se mejore la seguridad, por lo que grupos sociales como personas mayores, niños y discapacitados dispondrán de una mayor facilidad a la hora de acceder al transporte según Torre et al. (2017):

En cuanto a la edad, algunos estudios sugieren que el servicio ofrecido por los vehículos autónomos compartidos tendrá un gran potencial para captar a los ancianos y personas con movilidad reducida (Rödel, et al., 2014; Schoettle et al, 2014; Schoettle, et al., 2015; Fagnant, et al., 2015a).

Un vehículo totalmente autónomo podría eliminar la necesidad de transportar a las personas con restricciones para operar un vehículo debido a su edad o capacidad física. Las personas mayores, o aquellos con discapacidades que les impiden transportarse a sí mismos, tendrían más independencia. Esto les permitiría hacer recados, visitar a amigos y familiares e ir a trabajar sin la ayuda de un conductor. Los niños y adolescentes menores de 18 años podrían viajar de forma independiente, ahorrando a sus padres el tiempo que tomaría transportar al niño de un lado a otro. Los vehículos autónomos también representarían un beneficio con respecto a los niveles más altos de accesibilidad para las personas con algún tipo de condición de salud, discapacidad o ancianas. A estas personas, a las que les será imposible usar un automóvil por su cuenta, les supondrá un gran beneficio, especialmente para aquellos que viven en áreas remotas con un acceso inadecuado al transporte público. Estas personas encontrarán su vida mucho más facilitada, ya que solo tendrán que entrar en el automóvil y esperar la llegada al destino sin realizar ninguna acción o esfuerzo en particular.

Habrán algunos vehículos autónomos que estarán equipados con instrumentos que monitorearán el estado de salud de los pasajeros y viajarán de acuerdo con esta situación. Por ejemplo, el vehículo activará automáticamente un modo de viaje de urgencia si la condición de salud de cualquier pasajero se vuelve inestable y se necesita atención médica rápida. En estos casos, los vehículos cercanos adoptarán automáticamente las maniobras y las opciones de ruta destinadas a facilitar el paso rápido del vehículo en modo de viaje de urgencia. Los vehículos autónomos serán útiles a la hora de operar como vehículos médicos para llevar a las personas con afecciones médicas no muy graves a la atención hospitalaria cuando los vehículos médicos con tripulación no estén disponibles. Del mismo modo, los vehículos autónomos desempeñarán un papel clave en el suministro a personas con suministros de alimentos saludables, medicamentos y cualquier otro producto que necesiten sin tener que viajar o depender de otras personas.

Gucwa (2014), y muchos otros, asumen que ser conducido por un vehículo robótico eventualmente será menos estresante que conducir a través de una congestión exigente y caótica, lo que hará que los viajeros sean menos reacios al tiempo en el vehículo. En lugar de centrarse en las complicadas habilidades de navegación, los viajeros pueden pasar el tiempo relajándose o trabajando, tal vez reduciendo la desutilidad del tiempo de viaje.

Dado que los vehículos autónomos son una nueva tecnología, se desconoce la influencia exacta de dichos atributos en relación con el

tiempo de viaje en estos vehículos. Sin embargo, estos factores son similares en naturaleza a los atributos de tránsito no tradicionales que a menudo contribuyen tanto a la elección de modo como a la elección de ruta según Outwater, Sana, Ferdous, & Woodford (2013). Estos atributos, como el confort, la confiabilidad y los servicios como el Wi-Fi, han demostrado ser difíciles de representar explícitamente en los modelos de viaje. En cambio, a través de métodos empíricos, los modelos de viaje pueden representar la utilidad asociada con estos atributos a través de ajustes en el tiempo de viaje. De manera similar, podemos intentar modelar los cambios de comportamiento que pueden surgir de los vehículos autónomos haciendo suposiciones sobre las reducciones de tiempo de viaje equivalentes que pueden resultar de factores secundarios.

Muchos otros aspectos de la tecnología de conducción autónoma también pueden afectar el comportamiento del viajero, incluidos los costos, la disponibilidad y propiedad del vehículo y el precio y la ubicación del estacionamiento. Debido a que se requerirá una mayor infraestructura técnica para operar y administrar los vehículos que conducen por sí mismos, el uso se podría rastrear más fácilmente por milla o kilómetro.

2.3.3 Impactos económicos

Para analizar los impactos económicos que tendrán los vehículos autónomos, uno de los factores clave de los que habla la literatura científica es del grado de penetración que tendrán estos vehículos en cada momento. En función de la introducción en el mercado que tengan, se plantean cifras sobre los posibles beneficios económicos derivados del ahorro del tiempo por disminución de la congestión y por de la reducción de accidentes.

Varios fabricantes de automóviles predicen que la integración de vehículos totalmente autónomos en el mercado se producirá entre 4 y 10 años: Audi sugiere 2017, Ford 2020, Nissan 2020, Google 2018 y Tesla 2023 (Davidson & Spinoulas, 2015); sin embargo aún queda camino por recorrer. Más recientemente, el gobierno francés estudió un escenario basado en tendencias, en el que el despliegue de estos vehículos es muy gradual, desde 2040 (Janin & Raynard, 2016).

Además, las encuestas en Austin muestran que el 40% (Bansal et al., 2016) al 50% (Zmud et al., 2016) de los encuestados de los EE. UU. desea utilizar

vehículos autónomos privados para el uso diario. Lavasani et al. (2016) propusieron un modelo de penetración de mercado para vehículos autónomos utilizando un modelo de bajo generalizado. Suponiendo que los vehículos autónomos estarán disponibles en 2025, el mercado de ventas de vehículos nuevos puede alcanzar los 8 millones anuales en 10 años, y la saturación puede ocurrir en 35 años, suponiendo un tamaño de mercado del 75%.

El análisis de sensibilidad concluyó que el tamaño del mercado impacta fuertemente la tasa de adopción, mientras que el precio de la tecnología no parece influir en el proceso de difusión.

Fagnant y Kockleman recogen los impactos estimados de los vehículos autónomos, sugiriendo beneficios económicos que alcanzan los \$ 196 mil millones con una tasa de penetración de mercado del 90%. Se estima que los beneficios de congestión significativos se acumulan para todos los viajeros desde el principio, mientras que la magnitud de los beneficios con respecto a accidentes aumenta con el tiempo. En cuanto a la congestión los ahorros representan el 66% de los beneficios, y los ahorros por accidentes representan el 21% de los beneficios, a un nivel de penetración de mercado del 10%, contra un 31% y un 54% de los beneficios, respectivamente, a la tasa de penetración del 90%. Cuando se incluyen los costes integrales de accidentes, el ahorro general de estos aumenta en más de un factor de tres. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Manyika et al. (2013), que estiman los impactos globales de los vehículos autónomos son de \$ 200 mil millones a \$ 1,9 trillones para 2025 (suponiendo que 5 a 20% de toda la conducción sea autónoma o semiautónoma, y se valore la menor carga del tiempo de viaje en el vehículo).

Se pueden obtener beneficios de congestión monetarios adicionales más allá de los valores hallados por Fagnant y Kockleman, debido a la caída de los valores de tiempo de viaje. Por ejemplo, una hora de atasco en el tráfico puede ser percibida como más tediosa que una hora dentro de un vehículo autónomo.

2.3.4 Seguridad

La seguridad de los pasajeros sería uno de los temas más preocupantes de cara a los vehículos autónomos (Piao et al., 2016; Hulse et al, 2018; Salonen 2018). La seguridad y la confianza en otros pasajeros son factores esenciales para el éxito de los vehículos autónomos como

modo de transporte tanto de uso individual como compartido. El sentirse seguro en el transporte público es un fenómeno que no siempre se logra y los vehículos autónomos podrían ser una excepción. En el supuesto de que los accidentes se vean drásticamente reducidos con la llegada de la conducción autónoma, las congestiones producidas por las colisiones también disminuirían. Según la FHWA (Federal Highway Administration de Estados Unidos), el 60% de toda la congestión se atribuye accidentes y otros percances de vehículos, lo que sugiere que vehículos más seguros y coordinados podría reducir las demoras.

Por otro lado, lograr el suficiente nivel de confianza en la tecnología de los vehículos autónomos requerirá tiempo, ya que según J.D. Power (2013), esta confianza es un parámetro variable. Según Brannon (2017), la mayoría de los estadounidenses tienden a la desconfianza en lo que respecta a este modo de transporte. La posibilidad de ser víctima de un delito al emplear los vehículos autónomos es otra de las preocupaciones de los pasajeros (Beecroft & Pangbourne, 2014); Eboli & Mazzulla, 2011).

A la hora de tomar medidas ante estas eventualidades, se están desarrollando sistemas que detecten y respondan ante accidentes o situaciones potencialmente peligrosas de forma que se manejen tecnologías para evitar riesgos. Dado que todavía no se tiene la oportunidad de realizar viajes en este tipo de vehículos, resulta difícil tener una experiencia previa que permita a los usuarios formarse una opinión al respecto.

Sin embargo Salonen (2018) analiza la seguridad percibida por los usuarios y la gestión de las emergencias en bus lanzadera autónomo en Finlandia. Este fue un estudio sencillo con una muestra pequeña y resultados limitados. La investigación se centró en las percepciones subjetivas de seguridad vial, seguridad en vehículos y gestión de emergencias cuando viajaban con el autobús sin conductor. Los resultados proporcionan información para operadores de transporte público que estén diseñando sistemas que impliquen conducción autónoma. Su análisis señaló que el sentido de seguridad de tráfico de los pasajeros en el autobús era relativamente bueno.

Por lo tanto, la integración de los autobuses de enlace sin conductor en el sistema de transporte será presumiblemente fácil desde el punto de vista de seguridad vial. Sin embargo, la velocidad máxima de la lanzadera sin conductor fue de 13 km/h, lo que es más bajo que la velocidad de una lanzadera impulsada por un conductor humano.

Las tasas de choques de los EE. UU. para los vehículos autónomos se suponen constantes, según los valores de 2011 de la NHTSA y la distribución de gravedad de todos los choques permanece sin cambios



desde el presente. Como se señaló anteriormente, más del 90% de los factores principales detrás de los choques se deben a errores humanos (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras, 2008), y el 40% de los accidentes fatales involucran el uso de alcohol o drogas por parte del conductor, la distracción del conductor y/o fatiga (Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carreteras, 2012). Por lo tanto, se puede suponer que los vehículos autónomos reducen las tasas de lesiones en un 50%, en comparación con los vehículos convencionales a una tasa de penetración de mercado temprana del 10%. Se supone que los choques de peatones y bicicletas (con vehículos motorizados) disfrutan de los beneficios de seguridad de los vehículos autónomos.

2.4 Impactos en la movilidad, la accesibilidad y las infraestructuras

En este apartado se tratarán las consecuencias derivadas de la futura implementación de los vehículos autónomos en relación con la movilidad, la accesibilidad y las infraestructuras. Se hablará de las fluctuaciones en la demanda de transporte, los cambios en los tiempos de viaje y los costes asociados a esta nueva forma de transporte. También se abordará el tema de la accesibilidad, las infraestructuras y la capacidad de las carreteras, además de la irrupción del uso compartido de los vehículos autónomos.

2.4.1 Impactos en la demanda

Los vehículos autónomos provocarán cambios en la forma en la que nos movemos debido al aumento de demanda generado por los cambios recientes en el estilo de vida en Europa, ya que han creado una creciente demanda de transporte personal. La movilidad individual se ha vuelto esencial debido a las distancias entre los lugares de residencia, trabajo y ocio, y las personas mayores se están volviendo cada vez más dinámicas según Alessandrini et al. (2015).

Varios estudios han concluido que los vehículos autónomos podrían inducir aumentos en la demanda de viajes debido a cambios en la elección del destino, la elección del modo y la movilidad (Childress, 2015); Correia y van Arem, 2016; (Fagnant & Kockelman, 2015); (Gucwa,

2014);(Levin et al. 2016); Milakis et al. 2017a). Se prevé un aumento de la demanda por el incremento de destinos disponibles para una persona, así como una mayor variedad de modos de transporte (Childress, 2015). El estudio de Fraedrich et al. (2018) saca como conclusiones que el incremento de tráfico asociado a una mayor demanda es uno de los principales temas a abordar por los planes urbanísticos.

El hecho de compartir vehículos implicaría también un aumento del tráfico debido a la existencia de vehículos vacíos entre trayectos de pasajeros distintos. Los vehículos autónomos podrían cambiar drásticamente la demanda de transporte, pudiendo alcanzar la capacidad máxima de la carretera. Los sistemas de coordinación de vehículos permitirán que los vehículos viajen distancias mucho más cortas, pero también que se generen mayores volúmenes de vehículos a altas velocidades.

Es probable que los vehículos autónomos compartidos también ofrezcan tarifas por kilómetro, haciéndose eco de los modelos de negocios existentes de los servicios de viajes compartidos contratados como Uber y Lyft. Los vehículos autónomos compartidos pueden convertirse en un servicio popular, ya que las recogidas de pasajeros a pedido reducirían la necesidad de poseer y, por lo tanto, almacenar un vehículo personal. Dependiendo del desarrollo de la tecnología, a muchos les podría resultar demasiado costoso poseer un vehículo personal sin conductor, dependiendo de recogidas ocasionales llevadas a cabo por vehículos compartidos autónomos.

La demanda de base aumentará constantemente después de que se reduzca la congestión con la expansión de la capacidad o las mejoras operativas. Además, como el tiempo en el vehículo será menos estresante, los pasajeros podrán estar dispuestos a tolerar tiempos de viaje más largos y distancias de viaje más grandes. Ese aumento de demanda provocaría que hubiera aún más congestión.

Los vehículos totalmente autónomos pueden proporcionar nuevas oportunidades de movilidad para aquellos que no pueden o no quieren conducir un vehículo, especialmente los jóvenes sin licencia, los discapacitados físicos y algunos adultos mayores. Es posible que estos grupos de usuarios puedan realizar más viajes, acceder a más destinos y confiar en modos distintos a los viajes compartidos, el transporte público y el taxi. La cantidad de movilidad adicional proporcionada por los vehículos autónomos depende de los cambios de modo para los no conductores. Los viajes asequibles y competitivos proporcionados por un vehículo autónomo personal o compartido probablemente mejorarán las oportunidades a las que podría acceder un no conductor, especialmente en contextos más suburbanos y orientados a los



automóviles. Reconocer cómo se ven afectados los diferentes grupos por los desarrollos de conducción autónoma es importante para comprender la movilidad regional y la accesibilidad a los trabajos y recursos.

Para estudiar cuál es el impacto que provocarán los vehículos autónomos en la demanda, muchos autores han realizado modelos de demanda de viajes. Levin et al. (2015a) propone un modelo de cuatro pasos que divide la demanda en clases por el valor del tiempo y la propiedad vehículos autónomos. Los vehículos autónomos son considerados como vehículos privados. La elección del modo es entre estacionamiento, reposicionamiento y tránsito basado en un modelo logit anidado. La asignación de tráfico estático utiliza una función de costo generalizado de tiempo, combustible y peajes. Levin (2015b) incorpora asignación de tráfico dinámico (DTA) con opciones de hora de salida endógenas. Por lo tanto, el modelo considera opciones de control de intersección y propagación de flujo más realistas. Además, solo se ha estudiado el caso de los vehículos autónomos completos. Los resultados de la asignación estática y dinámica demuestran que el uso de vehículos autónomos mejora la capacidad de las intersecciones, pero no reduce significativamente la congestión.

Auld et al. (2017) utilizaron un modelo de simulación (POLARIS) que incluye un modelo basado en actividades (ADAPTS) y un modelo de simulación de tráfico. La penetración en el mercado se controla a escala regional mediante el ajuste de la capacidad vial. Los resultados muestran que la capacidad y el valor del tiempo afectan significativamente los kilómetros recorridos por vehículo (VKT).

Klooststra et al. (2017) asumieron que los vehículos autónomos cambiarán la capacidad de la carretera gracias a la tecnología ACC. Luego, modificaron las capacidades de los enlaces de carretera para simular el aumento teórico del rendimiento habilitado por el comportamiento de conducción autónoma. Distinguieron dos tipos de enlaces viales: autopistas y calles arteriales. Además, analizaron los impactos en las operaciones de estacionamiento.

En los últimos años, varias encuestas han investigado la aceptación general de los vehículos autónomos. En cuanto a la edad, algunos estudios sugieren que el servicio ofrecido por los vehículos autónomos compartidos tendrá un gran potencial para captar a los ancianos y personas con movilidad reducida (Rödel, et al. 2014; Schoettle, et al. 2014; Schoettle, et al. 2015; Fagnant, et al. 2015a). Otros estudios llegan a la conclusión de que las personas más jóvenes están más abiertas a la introducción de vehículos autónomos (KPMG, et al. 2012; Power, 2013; Krueger, et al. 2016; Abraham, et al. 2017). En términos de género, es más probable que los hombres usen vehículos autónomos (Piao, et al. 2005;

Rödel, et al. 2014; Schoettle, et al. 2015; Abraham, et al. 2017), pero es menos probable que compren un coche autónomo para sí (Lavasani, et al. 2017).

Anderson et al. (2014) sugieren que las personas no motorizadas preferirían utilizar un servicio de vehículos autónomos compartidos, mientras que Krueger et al. (2016) encuentran que la motorización o las preferencias por el transporte público no afectan mucho al atractivo de los vehículos autónomos.

Además, Krueger et al. (2016) muestran que los usuarios actuales de carsharing y que utilizan múltiples modos de transporte tienen una mayor probabilidad de elegir vehículo autónomo compartido. Power et al. (2013) y Bansal et al. (2016) notan que los residentes de áreas urbanas y las personas con mayores ingresos están más inclinados a usar vehículos autónomos. Lavasani et al. (2017) encuentran que la disposición a pagar se ve afectada por la frecuencia de viaje, la distancia de viaje, la demanda de estacionamiento y la percepción de los beneficios de la conducción autónoma.

2.4.2 Tiempo y coste

En este apartado se hablará sobre los distintos valores que numerosos expertos han dado para llegar a predecir el precio de un vehículo autónomo, así como consideraciones sobre ahorros de tiempo y costes asociados a la naturaleza de este tipo de vehículos. Hacia el final del apartado se hablará sobre la modalidad de vehículo autónomo compartido y sus características principales.

Para la estimación del precio que podría alcanzar un vehículo autónomo se ha utilizado el estudio de Chen, et al. (2016), cuyas investigaciones muestran que los automóviles privados todavía representan una opción atractiva en la era de los vehículos autónomos, ya que los costos de bolsillo para el usuario (0,17 CHF / km) son más bajos que para la mayoría de los otros modos (y podrían ser aún más bajos si el usuario, por ejemplo, produjera su propia electricidad).

Esto se encuentra en el rango de \$ 0,15 / milla que Burns et al. (2013) encontraron para vehículos autónomos compartidos y los \$ 0,16 / milla que Johnson (2015) encontró para taxis agrupados especialmente diseñados, pero no tuvieron en cuenta factores de costo, por ejemplo, la limpieza. En comparación con la suposición de Fagnant & Kockelman (2015) de un precio de \$ 1 / milla para un vehículo autónomo compartido,

incluso el costo total de la propiedad de un vehículo privado podría ser competitivo 0,17 CHF / km. Suponiendo que llegan a 500000 km y que el CHF (franco suizo) está a 0,88 € queda a precio de 74800€, redondeando en 75000 €. Bansal et al. (2016) sugieren un precio de \$ 23,950 en 2025, mientras que Boston Consulting Group (2015) predice que en 2025 un vehículo autónomo costará \$ 9,800. Burns et al. (2013) estudiaron los costes de producción de vehículos autónomos diseminados en tres ciudades diferentes. Estimando los costos de capital (depreciación, finanzas, registro y seguro) y los costos de operación (energía, mantenimiento y reparación, y otros costos) encontraron que los vehículos autónomos compartidos costarían al cliente \$ 0,25 / km (o \$ 0,10 / km para vehículos eléctricos y pequeños) de \$ 1 / km (para taxis).

Según una encuesta realizada en 2012 a 17400 propietarios de vehículos dirigidos por JD Power (2013), el 37% de los encuestados inicialmente dijo que estaría interesado en comprar un coche totalmente autónomo. Sin embargo, esa cifra se redujo al 20% una vez que se les informaba de que la tecnología tendría una serie de costes adicionales de £1800. Con un costo adicional de £1100, el 25 por ciento de los compradores masculinos de vehículos estaban dispuestos a pagar por un vehículo totalmente autónomo, mientras que solo el 14 por ciento de las mujeres querían pagar por que el vehículo fuera autónomo. £60000 es el coste estimado del vehículo sin conductor de Google cuando llegue al mercado en unos pocos años. Aparecerán por primera vez en la parte alta del mercado, donde los conductores estarían cómodos pagando una prima. A medida que aumente el volumen, los costes bajarán hasta que sean un componente relativamente intrascendente del coste total del vehículo. Esto es especialmente cierto si la tasa de adopción de la tecnología es tan rápida que los fabricantes pueden apostar fuertemente a vender grandes volúmenes, reduciendo costes en sucesivas iteraciones de sus vehículos. Los complementos y extras pronto se convierten parte del ajuste estándar, al igual que las ventanas electrónicas, la dirección asistida y el control de crucero se han vuelto estándar.

Spieser et al. (2014) analizaron los impactos de una sustitución total de automóviles privados por vehículos autónomos compartidos en Singapur. La vida útil de estos vehículos se supuso a lo largo de 2,5 años, que podrían reducirse a 1,5 años si se considera el viaje compartido Zhang et al. (2018). Los costos de compra serían alrededor de \$15000. Por lo tanto, un vehículo autónomo compartido costaría en promedio \$9728 / año en lugar de \$11315 / año para automóviles. Los costos de compra serían de aproximadamente \$70000 por vehículo autónomo y la vida útil promedio sería de 400000km (o 7 años).

La Asociación Americana del Automóvil (AAA) estima los costos operativos alrededor de \$ 0,3 / km. Como resultado, el vehículo autónomo compartido le costaría al usuario alrededor de \$ 0,625 / km, que es 3 veces menos que la tarifa del taxi. Para el operador, la tasa de rendimiento de la inversión anual es de alrededor del 13% para una flota total de 2118 vehículos autónomos. Teniendo en cuenta que los vehículos son eléctricos, los costos operativos varían de \$ 0,41 a \$ 0,47 por milla ocupada recorrida. Los vehículos autónomos eléctricos compartidos son pues competitivos en precio con los vehículos autónomos compartidos cuando la gasolina alcanza los \$ 4,35 a \$ 5,70 por galón (Chen, et al., 2016).

En cuanto al tiempo que los usuarios pasarán empleando un vehículo autónomo, la reducción de la congestión según las proyecciones de Schrank et al. (2012) para 2020 se han empleado como referencia. Asumieron un valor de tiempo de viaje de \$ 17 por persona/h, y un valor de tiempo de viaje de \$ 87 por hora de camión y combustible. Estimaron que el 40% de la congestión vial del país se produce en las infraestructuras de la autopista (con el resto en otras calles), y que para el 2020, los viajeros de los EE. UU. experimentarán alrededor de 8,4 mil millones de horas de demora mientras desperdician 4,5 mil millones galones de combustible (debido a la congestión), por un costo económico anual de \$ 199 mil millones. Aquí, se supone que los vehículos han alcanzado el nivel más alto de autonomía.

Al 10% de penetración en el mercado de los vehículos autónomos, los retrasos en la congestión de la autopista para todos los vehículos se estiman en una caída del 15%, principalmente debido a un flujo suave y una reducción en los cuellos de botella. Esto es más bajo de lo que sugiere Atiyeh (2012). A un nivel de penetración de mercado del 50%, se supone que un sistema basado en la nube está activo (Atiyeh sugiere una congestión del 39%), y se pueden realizar mejoras de capacidad adicionales del 20%. Además, con respecto a los accidentes, debido a mejoras en la seguridad, se puede obtener otro 4,5% en la reducción de la congestión. Finalmente, al nivel del 90%, se supone que la congestión de la autopista se reducirá en un 60%, con el casi duplicado de la capacidad de la vía (Shladover et al. 2012) y se producirá una drástica reducción en el número de accidentes.

La penetración en el mercado y la gestión automatizada de intersecciones (Dresner & Stone, 2008) son factores que están relacionados con los retrasos, que surgen medida por movimientos de giro conflictivos, peatones y otras características de transporte que las tecnologías de los vehículos autónomos no pueden abordar tan fácilmente. Por lo tanto, se supone que los beneficios de la congestión

arterial son solo del 5% al nivel de penetración de mercado del 10%, del 10% a la penetración del 50%, y 15% a 90% de penetración en el mercado.

Otro tema relacionado con el coste de los vehículos autónomos es la eficiencia de estos. Se supone que los beneficios de eficiencia de combustible para los vehículos autónomos comienzan al 13%, aumentando a 25% con un 90% de penetración en el mercado, debido a mejores opciones de ruta, menos congestión, reducciones de la resistencia de los trenes de carretera, y ciclos de conducción óptimos. Se supone que los vehículos autónomos en las autopistas experimentan un 8% de beneficios de ahorro de combustible durante la congestión bajo un 10% de penetración en el mercado y 13% en los niveles de penetración del 50% y 90%. Por simplicidad, este análisis asume que el consumo de combustible agregado de todos los viajes inducidos será compensado completamente por los beneficios de ahorro de combustible de los vehículos autónomos durante horarios no congestionados del día.

Dado que los vehículos con conducción completamente autónoma son capaces de llevar a cabo todos los pasos necesarios para el manejo de los automóviles en cualquier condición (meteorológica, de estado de las carreteras etc....) pueden realizar viajes con o sin pasajeros. Por ello, los estudios sobre impactos no suelen hacer distinción entre vehículos autónomos y vehículos cooperativos.

Aparte de sus posibles impactos en los niveles de propiedad de automóviles, los sistemas autónomos compartidos también pueden satisfacer las necesidades de demanda de viajes de los individuos con mayor flexibilidad y menores costos en comparación con los servicios de autobuses o taxis existentes, lo que afecta el transporte y los componentes individuales de accesibilidad.

Es bastante factible que una de las maneras de emplear el transporte en los próximos años se oriente más hacia el uso compartido de este tipo de vehículos. Fagnant et al. (2015) demuestran que, en caso de que un vehículo autónomo fuera compartido se reemplazarían de 9 a 11 vehículos convencionales al mismo tiempo que induciría un 10% más de VKT (kilómetros-vehículo recorridos). El International Transport Forum (ITF, 2015) enfatiza que la sustitución de automóviles convencionales por vehículos autónomos compartidos reduciría la flota total en un 90%. Además, los vehículos serían más utilizados (7% del día frente al 5% actual).

El ITF también muestra que el despliegue de vehículos autónomos aumentaría la distancia recorrida para diferentes tasas de penetración en el mercado. Spieser et al. (2014) indica que un reemplazo total de automóviles por vehículos autónomos compartidos en Singapur reduciría

en 2/3 la flota total de vehículos en carreteras. La aplicación del modelo de Levin et al. (2016) en Austin demuestra que la sustitución de automóviles por los vehículos autónomos privados en lugar de compartidos aumentará considerablemente la congestión y el tiempo de viaje. Boesch et al. (2016) encontraron que la flota total de vehículos podría reducirse significativamente (en un 90%) si se permite el uso compartido del vehículo, así como el tiempo de espera. Según Chen et al. (2016), el uso de vehículos eléctricos pasaría a estar en una proporción de 3,7% de los vehículos convencionales reemplazados, con un aumento en VKT de 7 a 14%. El estudio de Kyriakidis et al. (2015) muestra que el VKT podría aumentar entre un 8% y un 24%. Estudios similares encuentran que el VKT podría aumentar entre un 3% y un 30% (Childress, 2015) y alrededor del 20% (Zhao et al. 2017).

La cantidad de usuarios de los sistemas de uso compartido de automóviles, de carga y de conducción aumenta continuamente. Cada vez más, y especialmente a los jóvenes les resulta innecesario o incluso desaconsejable poseer un vehículo por muchas razones: los vehículos privados suelen pasar más tiempo estacionados (20-23 horas por día según análisis recientes) que en movimiento, su adquisición y costos de mantenimiento son altos, el estacionamiento y la congestión en las áreas urbanas es altamente problemática, existen alternativas de movilidad eficientes en las áreas urbanas, la conciencia de la sostenibilidad está aumentando en las sociedades desarrolladas, etc. y los servicios de asistencia aumentarán y se harán más económicos debido a las economías de escala. En segundo lugar, los vehículos autónomos son ideales para respaldar estas iniciativas de movilidad porque, al tener un gran componente tecnológico, los ahorros en costos laborales serán atractivos para los empresarios según Martínez-Díaz & Soriguera (2018).

2.4.3 Accesibilidad

Varios autores utilizan la definición de accesibilidad de Geurs & van Wee (2004) para estudiar los distintos impactos que pueden generar los vehículos autónomos, entre ellos Milakis et al. (2018).

Geurs & van Wee (2004) definen la accesibilidad como la forma en que los sistemas de uso del suelo y transporte permiten a grupos de individuos realizar actividades o llegar a sus destinos a través de una combinación de modos de transporte; e identifican cuatro componentes de accesibilidad: usos del suelo, transporte, tiempo e individual. La oferta y la demanda de oportunidades (por ejemplo, trabajos, tiendas y salud) y

la competencia por esas oportunidades dentro de un área específica describen el sistema de usos del suelo.

El primer componente, los usos del suelo, refleja el sistema imperante teniendo en cuenta la cantidad, la calidad y las oportunidades de distribución espacial que cada destino puede ofrecer, como trabajo, centros comerciales, hospitales, escuelas..., la demanda de estas oportunidades en los lugares de origen, como el lugar de residencia, y la oferta y la demanda de oportunidades.

En segundo lugar, el componente de transporte hace referencia a la utilidad que supone para una persona cubrir la distancia entre un origen y un destino utilizando un modo de transporte específico. Toma en consideración el tiempo empleado (viaje, espera y estacionamiento), el coste fijo y el coste variable, y el esfuerzo (incluida la confiabilidad, el nivel de comodidad, el riesgo de accidentes, etc.).

El tiempo es el tercer componente de la accesibilidad, y refleja las restricciones temporales, es decir, la disponibilidad de oportunidades en diferentes momentos del día y el tiempo disponible para que las personas participen en ciertas actividades como trabajo u ocio.

El último componente, el individuo, se refiere a lo que más adelante en la encuesta llamaré “características del usuario”, que influyen en el nivel de acceso de una persona a los modos de transporte y las oportunidades distribuidas espacialmente, como por ejemplo la elección de trabajos o centros educativos cerca de su área residencial; y pueden influir fuertemente en el resultado final de la accesibilidad.

Para el análisis de estos componentes se han llevado a cabo estudios que emplean modelos cuantitativos. Childress et al. (2015) utilizaron precisamente un modelo basado en actividades en Seattle con el objetivo de simular un sistema de transporte en el que sólo existieran vehículos autónomos, de tal manera que se podía estudiar modificaciones en la accesibilidad. De sus investigaciones se concluye que la aparición de los vehículos autónomos podría suponer una mejora en la accesibilidad en el área de estudio, con énfasis en las zonas peor comunicadas como áreas rurales.

Además de los estudios citados, existen varios trabajos tanto teóricos como prácticos que se han llevado a cabo en el ámbito de los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) de Argiolu et al. (2008, 2013), concluyendo que este tipo de sistemas tienen impactos significativos en las preferencias de ubicación de las compañías y empresas dentro de áreas urbanizadas. No obstante, dados los actuales avances tecnológicos todavía no se han llevado a cabo pruebas empíricas que evidencien los

impactos reales de los vehículos autónomos en accesibilidad y posibles emplazamientos para servicios.

Los vehículos autónomos podrían influir en todos los componentes de accesibilidad y, posteriormente, en las elecciones de ubicación de personas y empresas. Primero, el componente de transporte podría verse afectado por cambios en el esfuerzo de viaje, el tiempo y el valor marginal de los ahorros de tiempo de viaje, y el costo asociado con la automatización del vehículo. En segundo lugar, el componente individual podría verse afectado porque las personas que actualmente no pueden conducir podrían realizar actividades compartiendo vehículos autónomos. En tercer lugar, el componente temporal podría verse afectado, por ejemplo, porque las personas podrían realizar actividades en movimiento, superando así las restricciones temporales de oportunidades (por ejemplo, tiempos de cierre) e individuos (por ejemplo, horas de trabajo). Finalmente, el componente de uso del suelo podría verse afectado porque las personas, empresas, tiendas, servicios podrían optar por reubicarse, compensando, por ejemplo, los menores costes de viaje con una ubicación más distante o eligiendo una ubicación más central aprovechando la capacidad de aparcamiento de los vehículos autónomos.

Basándose en los componentes de la accesibilidad de Geurs & van Wee (2004), Milakis et al. (2018), plantea unos puntos de vista para tratar la existencia de vehículos completamente autónomos. Por un lado, recalca la incertidumbre en cuanto a los beneficios que puedan generar la demanda inducida y la reducción de costes y tiempo. Por otro lado, hace hincapié en que los vehículos autónomos podrían dar lugar a efectos contrapuestos de aumento de dispersión urbana e incremento de la densidad en núcleos urbanos. Por último, hace referencia a la desigualdad en la sociedad como un efecto negativo fruto de los distintos beneficios de los vehículos autónomos que no todos podrán disfrutar.

Para la realización políticas relativas al planeamiento urbanístico futuro en relación con los vehículos autónomos se debería de realizar un análisis previo midiendo la accesibilidad del área de estudio. Para estudiar la accesibilidad, se pueden llevar a cabo estas cuatro medidas básicas que describen Geurs & van Wee (2004).

1. Medidas en infraestructuras, que analizan el nivel de servicio de la infraestructura de transporte. Se trata de estudiar la congestión y la velocidad media de viaje en las carreteras para la planificación del transporte.



2. Medidas basadas en la ubicación. Las medidas contemplan el nivel de accesibilidad a las actividades distribuidas espacialmente, como el número de trabajos dentro de un tiempo de viaje dado desde las ubicaciones de origen. Las medidas basadas en la ubicación se utilizan típicamente en planificación urbana y estudios geográficos.

3. Medidas basadas en los usuarios, que analizan la accesibilidad a nivel individual, como las actividades en las que un individuo puede participar en un momento dado.

4. Medidas basadas en la utilidad, que analizan los beneficios que las personas obtienen del acceso a las actividades distribuidas espacialmente. Este tipo de medida tiene su origen en los estudios económicos.

Las medidas destinadas a tratar los componentes de usos del suelo y transporte son más difíciles de cambiar a corto plazo mientras que las medidas orientadas a los componentes temporal e individual cuentan con mayor flexibilidad y por tanto facilidad para cambiar a corto plazo. Por ello, las políticas asociadas a los usos del suelo y al transporte han de convertirse en prioridad a la hora de abordar los desafíos que plantea la conducción autónoma.

Además de los impactos anteriores, los vehículos autónomos también pueden influir en la accesibilidad a través de desarrollos en la movilidad compartida. Dado que en el nivel SAE 5 los vehículos autónomos podrán recoger y entregar a los pasajeros de manera autónoma, en principio ya no habrá necesidad de poseer un automóvil personal. Los vehículos podrán realizar más viajes y transportar así más viajeros. De esta manera un solo vehículo autónomo podría servir a muchas más personas que las que transportaría un vehículo convencional. Es por ello que la tendencia en los vehículos autónomos está intrínsecamente vinculada con la tendencia en la movilidad compartida. Así se aprovecha el tiempo que, de otra manera, se vería desperdiciado con el vehículo parado.

2.4.4 Infraestructuras y capacidad de las carreteras

Gucwa (2014) y Kyriakidis et al. (2015) utilizaron un modelo basado en actividades para investigar las relaciones de los vehículos autónomos no compartidos y la capacidad de la carretera, el valor del tiempo y los costos operativos de los vehículos. Recientemente, Chen et al. (2017) han publicado un marco para el diseño óptimo de las zonas aptas para vehículos autónomos en una red de transporte general. Su problema es

el "modelo de equilibrio de enrutamiento mixto" para capturar comportamientos de enrutamiento mixto entre vehículos autónomos y vehículos convencionales, resueltos linealmente. Su trabajo presenta un estudio inicial para resolver el problema de la selección de zonas adaptadas a vehículos autónomos dedicadas por programación matemática que obliga a algunas generalizaciones. La no linealidad de este problema es el principal inconveniente que podría establecer el siguiente modelo a un problema de diseño de red vial que es una herramienta útil para planificar adecuadamente las redes, dada una demanda conocida, suministro y restricciones del problema. Los métodos de asignación de tráfico (TA) y las funciones de tiempo de viaje son los dos aspectos principales que influyen en nuestro modelo. El método popular para hacer la asignación de tráfico de los flujos de automóviles a una red de carreteras es el principio de Wardrop (1952) que considera las limitaciones de capacidad y también puede considerar efectos estocásticos.

En el futuro, la cantidad total de vehículos tenderá a disminuir con la implementación de los vehículos autónomos (Grosse-Ophoff et al., 2017; Litman, 2014). En cuanto a la tasa de movilidad de vehículo-km/pasajero hay varios investigadores estiman que se reducirá, pero sin embargo habrá un aumento general en términos de vehículo-km. Ambos datos implican una movilidad de personas mucho mayor de la sociedad. El primero está vinculado al uso compartido, ya que los vehículos podrían transportar a más personas en cada viaje. Sin embargo, los estudios más recientes (Conceição et al. 2017; Milakis, 2017) cuestionan esto y señalan que el vehículo-km por pasajero probablemente también aumentará, debido a que los vehículos autónomos privados hacen viajes vacíos, por ejemplo, para estacionar una vez que sus propietarios están en el destino. Además, la configuración de los sistemas de transporte colectivo también habrá que tenerla en cuenta en la capacidad de las carreteras. Compartir sistemas solo hará que la movilidad sea más eficiente y sostenible si se sustituyen los viajes privados en un vehículo autónomo, pero no los realizados por el transporte público, cuya ocupación es mayor y, por lo tanto, más favorable para la sostenibilidad. También el espectro de usuarios crecerá, como no conductores, personas muy jóvenes o muy mayores, etc., podrán utilizar vehículos autónomos (Martínez-Díaz & Soriguera, 2018).

Tientrakool et al. (2011) estiman que la capacidad de la carretera podría aumentarse en un 43% utilizando sensores de vehículos y hasta un 273% con las comunicaciones de vehículo a vehículo. Shalldover et al. (2013) estiman que la coordinación entre vehículos podría aumentar la capacidad en un 21% con el 50% de todos los vehículos que utilizan la tecnología. También han estimado un aumento de capacidad de hasta

el 80% con una flota de vehículos coordinada al 100%. Fernandes & Nunes (2012) estiman que la capacidad podría aumentar hasta cinco veces para los pelotones que viajan alrededor de 45 millas por hora. Las flotas más eficientes podrían representarse como una capacidad vial adicional, que se puede representar muy fácilmente en los modelos de viaje existentes.

Un modelo que aborda los impactos potenciales de los vehículos autónomos es el de Gucwa (2014), quien probó algunas suposiciones que alteran la capacidad en el área de la Bahía de San Francisco utilizando el modelo de viaje basado en actividades de la Comisión Metropolitana de Transporte. Los resultados de Gucwa (2014) sugieren que duplicar la capacidad reduce significativamente la congestión máxima. Gucwa (2014) descubrió que cambiar los valores de tiempo de los usuarios tenía mucho más impacto que los cambios de capacidad. Los hallazgos de Gucwa (2014) sugieren que los cambios en el comportamiento del usuario pueden tener grandes efectos en los viajes regionales a medida que las flotas de vehículos se vuelven más automatizadas.

2.5 Usos de suelo, ciudad y territorio

Este es uno de los bloques con mayor importancia del trabajo. En los siguientes apartados se abordarán cuestiones relativas a los impactos que tendrán los vehículos autónomos desde una perspectiva urbanística y territorial.

2.5.1 Contexto

En el siglo pasado, las transformaciones en la forma urbana se han relacionado con algún tipo de revolución del transporte, sobre todo la difusión masiva de automóviles privados, que ha favorecido la creación de núcleos urbanos de baja densidad y un aumento de la dispersión urbana, así como un incremento insostenible del tráfico y la contaminación (Alessandrini et al. 2015).

Hasta ahora, las principales investigaciones sobre la futura incorporación de los vehículos autónomos al sistema de transporte urbano se han centrado en el desarrollo de la tecnología del vehículo en sí, los efectos



sobre tráfico y los posibles beneficios con respecto a la seguridad, la congestión o las emisiones contaminantes. Otros impactos, como el aprovechamiento del espacio en el estacionamiento como resultado de que los vehículos autónomos puedan aparcar sin ayuda o permanecer circulando mientras esperan su siguiente pasajero han sido previamente estudiados por varios autores (por ejemplo Pavone, 2016; Fagnant & Kockelman, 2015; Brownell & Kornhauser, 2014). Son pocos estudios o documentos que han analizado los efectos sobre el uso del suelo (Anderson et al., 2016; Chapin et al., 2016; Heinrichs, 2016; Heinrichs & Cyganski, 2015; Litman, 2015). En ellos se identifican los posibles impactos en las carreteras y los espacios utilizados por los vehículos, como los ajustes en los anchos y diseños de los carriles, la eliminación de la señalización o la necesidad de dejar y recoger pasajeros. Los estudios destacan las oportunidades de reurbanización en áreas urbanas dominadas por estacionamientos de superficie y caminos anchos. La conducción autónoma puede, pues, alterar la toma de decisiones que hacen los hogares a la hora de elegir la ubicación de su residencia habitual y su movilidad diaria y, por lo tanto, puede afectar los patrones de uso del suelo a largo plazo.

2.5.2 Usos de suelo-Zonificación

La incorporación de los vehículos autónomos implicará que se genere potencialmente un cambio en los usos de suelo y las formas de expansión urbana. Los diferentes usos de suelo, la movilidad y el transporte son conceptos que están muy relacionados entre sí y que se verán afectados por la conducción autónoma. Las formas del tejido urbano jugarán un papel importante en la toma de decisiones por parte de los hogares y las empresas a la hora de decidir sobre la movilidad, y elección del modo de transporte.

Según Heinrichs et al. (2016), la configuración de las ciudades que presentan una densidad elevada y un uso mixto proporcionan buenas condiciones iniciales para la realización de viajes cortos. En el caso de extensiones de terreno escasamente poblados con usos de suelo muy determinados se hace necesario el uso de coche para acceder a zonas urbanas con más servicios y dotaciones. Por lo tanto la disponibilidad y el uso de los modos de transporte influyen fuertemente en la forma urbana, así como en las infraestructuras necesarias. Mientras que para la realización de viajes cortos dentro del centro de una ciudad se emplearán unos modos de transporte, para acceder a zonas más

remotas y con menos personas se requerirá de otros modos con infraestructuras con características distintas.

La ventaja que suponen los vehículos autónomos en cuanto a poder realizar otro tipo de actividades durante el viaje puede suponer que los viajes largos sean menos tediosos, por lo que se podría incrementar la disposición de los hogares a elegir ubicaciones más distantes del centro de las ciudades. Los precios más bajos del suelo y de los alquileres además de la posibilidad de vivir en barrios con más zonas verdes pueden afectar a la elección de residencia. La conducción autónoma puede pues, llegar a modificar el lugar de residencia y por consiguiente la forma de expansión o crecimiento urbano.

En su estudio, Heinrichs et al. (2016) plantean tres posibles escenarios futuros en los que hablan sobre los efectos que producirán los vehículos autónomos en los usos de suelo.

El primer escenario habla de una “ciudad regenerativa” en la que los vehículos autónomos forman una importante de la red de transporte público, siendo éste el eje principal de la movilidad urbana. Ello supondría la creación de centros intermodales de movilidad y la reducción de consumo de suelo para la creación de zonas nuevas de aparcamiento.

En el segundo escenario hablan de una “ciudad hipermóvil” donde el transporte se realiza principalmente por servicios muy interconectados de taxis autónomos que propician el incremento de la densidad en los centros de las ciudades y la aparición de suburbios de baja densidad.

En el tercer y último escenario la “ciudad sin fin” habría muy poca interacción entre los modos de transporte público y el uso de vehículos privados, que supondrían la gran mayoría de viajes. Apenas existiría el uso de vehículos autónomos. Ello derivaría en un crecimiento de zonas suburbanas.

Teniendo esto en cuenta, varios autores han dedicado sus esfuerzos en establecer pautas para el diseño futuro de las ciudades considerando la implementación de los vehículos completamente autónomos.

Correia y van Arem (2016) publicaron un estudio que evalúa los impactos en la demanda de aparcamiento y en los retrasos de tráfico si los vehículos convencionales privados fuesen reemplazados por vehículos autónomos. El porcentaje de kilómetros vacíos a lo largo de los escenarios osciló entre el 10,3% y el 87,4% de los cuales el último considera un escenario donde hay estacionamiento pagado en todas partes. La estrategia de restringir algunas partes de las redes urbanas parece ser un punto de vista interesante para el despliegue de vehículos autónomos, ya que se podría aprovechar mejor el suelo en zonas densamente

edificadas. Hoy en día, la restricción de parte de la red no es novedosa en transporte. Puede suceder ya sea para reducir la contaminación o para restringir a vehículos autónomos, peatones, bicicletas, o autobuses.

En otra investigación, Zakharenko (2016), se estudiaron los posibles impactos en los usos del suelo debidos a los vehículos autónomos partiendo desde un punto de vista de economía urbana. La conclusión que obtuvieron fue que la conducción autónoma podría dar lugar a dos dinámicas contrapuestas en cuanto a usos de suelo en las ciudades se refiere. El coste reducido de transporte podría traducirse en que las ciudades aumentaran su tamaño aún más, mientras que los requisitos de plazas de aparcamiento reducidas podrían hacer crecer la densidad de la actividad económica en el centro de las ciudades.

2.5.3 Densidad y dispersión urbana

Dos de los impactos más interesantes que puede traer consigo la conducción completamente autónoma son aparentemente contrapuestos. Por un lado, tenemos el incremento en la densidad de núcleos urbanos existentes, y por otro tenemos el aumento en la dispersión urbana.

En cuanto al crecimiento de las zonas suburbanas, según Torre et al., (2017), los vehículos completamente autónomos supondrán una reducción del coste y del tiempo de viaje, así como un aumento del uso compartido de vehículos que traería consigo una reducción en el número de vehículos en las carreteras, ganando en capacidad. Según esto los vehículos autónomos cambiarán las formas urbanas, puesto que reduciendo el coste de los viajes puede inducir a un considerable aumento de la demanda que provocaría una nueva ola de dispersión y crecimiento de zonas suburbanas.

El aumento de la dispersión se trata en el artículo "Spatial effects of automated driving: dispersión, concentration or both", donde Gelauff et al. (2017) estudiaron mediante un modelo qué efectos tendrían los vehículos autónomos en la concentración y dispersión de la población en los Países Bajos. Se centraron en cómo la implantación de vehículos autónomos puede influir en la intensidad del uso del suelo, así como la distribución poblacional y de trabajo. Encontraron que los precios de las viviendas en zonas rurales y en los centros de las ciudades tendían a equilibrarse a la hora de implantar vehículos autónomos. Sin embargo, obtuvieron el efecto contrario a la hora de automatizar sólo los vehículos

del transporte público, situación que provocaba un aumento de la densidad en los centros de las ciudades grandes.

Empleando simulaciones de un modelo de equilibrio espacial general (LUCA) en los Países Bajos concluyó que los vehículos autónomos serían capaces de inducir efectos tanto de dispersión urbana como de densificación del centro de las ciudades. La dispersión de la población en áreas suburbanas surgió como resultado cuando se tomó un uso más eficiente del tiempo de viaje en el vehículo usado para el estudio. A medida que fueron sustituyendo los servicios de transporte público como autobuses, metro, tranvía, etc.... por servicios de transporte con conducción autónoma compartidos puerta a puerta, observaron que se aumentaba la concentración de la población.

Para su estudio no contemplaron un cambio en el uso de los aparcamientos actuales ni el posible aumento de tráfico en las ciudades. Tampoco tuvieron en cuenta la mejora en seguridad vial asociada a la tecnología de los vehículos autónomos. Sus resultados muestran que la adopción de este modo de transporte podría llevar a una mayor concentración de la población en áreas ya altamente urbanizadas y una mayor divergencia de los precios de la vivienda entre lugares atractivos y menos atractivos.

2.5.4 Impactos en la demanda y la eficiencia de los aparcamientos

A la hora de hablar de aparcamiento eficiente, es necesario conocer cuando usamos el coche y durante cuánto tiempo. Hoy en día, los coches se usan solo por períodos cortos y, por lo tanto, permanecen estacionados y sin uso durante la mayor parte del día (y de todo su ciclo de vida). En una ciudad con vehículos autónomos de uso compartido, el número total de vehículos necesarios para proporcionar los servicios de movilidad son la cantidad de automóviles propios, más los vehículos autónomos necesarios en hora punta. Debido a que las personas dispuestas a renunciar a sus propios coches son usuarios con pocos ingresos, la necesidad de vehículos autónomos será mucho mayor (Alessandrini et al. 2015).

El uso de una flota autónoma de automóviles debe optimizarse para aumentar el servicio y reducir el tiempo de inactividad. Los vehículos autónomos deberían ahorrar espacio no solo reduciendo el número de vehículos estacionados, sino también reduciendo el espacio requerido para aparcarlos. En este sentido, Safdie (1998), ha proporcionado una

estimación del espacio actual requerido para estacionar un automóvil promedio, teniendo en cuenta las calzadas, rampas de acceso y espacio adicional para acomodar cada coche en las plazas de aparcamiento. De acuerdo con estas estimaciones, se debe permitir estacionar los vehículos de manera compacta en depósitos. El almacenamiento de los vehículos debe requerir una cuarta parte del espacio por vehículo actualmente requerido en un garaje convencional. El espacio reducido requerido para los vehículos de estacionamiento debería liberar espacio público, que se puede utilizar para mejorar la habitabilidad de los entornos urbanos con la recalificación de espacios públicos para peatones, bicicletas y carriles reservados. (Alessandrini et al., 2015)

Zakharenko (2016), por su parte, se centra en la habilidad de los vehículos autónomos de buscar aparcamiento en zonas alejadas de los usuarios. Considera que los vehículos autónomos propios han de estar próximos a la vivienda de sus propietarios (en el caso de tener dichos vehículos en propiedad) a la hora de pernoctar. Plantea que durante el día, los vehículos autónomos pueden volver a estacionarse cerca de la vivienda para estar aparcados durante el día basándose en el bajo coste que esta operación supondría. Concluye que para los vehículos autónomos en propiedad: "El aparcamiento diurno y nocturno son siempre los mismos. Por esta razón, no hay estacionamiento adicional." (Zakharenko, 2016). Además, considera que se producirá un aumento en la actividad económica en los centros de las ciudades de forma que se favorecerá que la densidad aumente de manera considerable.

Sobre ahorro de estacionamiento, Litman (2012), estima que el coste anual de los terrenos, la construcción, el mantenimiento y la operación de un aparcamiento aproximadamente de \$3300 a \$5600 por espacio de estacionamiento en el centro de distritos comerciales, de \$1400 a \$3700 por espacio de estacionamiento en otras áreas centrales o urbanas, y de \$680 a \$2400 por espacio en ubicaciones suburbanas. Así que moviendo un espacio de estacionamiento fuera de los distritos comerciales podría llegar a ahorrar casi \$2000 en costes anuales, mientras que moverlo a una ubicación suburbana puede ahorrar otros \$1000. Además, las necesidades de estacionamiento de los vehículos autónomos permiten espacios reducidos, y gracias al uso compartido del coche, el ahorro puede ser mayor. Por lo tanto, si bien no todos los vehículos autónomos darán como resultado un movimiento o eliminación de espacio de estacionamiento, este análisis de Fagant y Kockelman, asumen que se ahorrarán \$250 en estacionamiento por cada nuevo vehículo autónomo.

En lo que respecta a la reducción en la demanda del estacionamiento aparecen posturas contradictorias. Según Zhang et al. (2018), cuando los vehículos autónomos logren una penetración de mercado del 2%, la

demanda de estacionamiento se reducirá en aproximadamente un 90%. El ITF (International Transport Forum 2015) encontró que para el caso del 100% de vehículos autónomos, el ahorro de espacio es de entre el 85% y el 95%. Sin embargo, para el caso del 50% de vehículos autónomos en circulación, la tasa de ahorro de espacio es insignificante. Fagnant et al. (2015) sugieren que la demanda total de estacionamiento se reducirá en alrededor de 8 espacios de vehículos por vehículo autónomo compartido. Además, trasladar el estacionamiento desde el centro a áreas periféricas menos densas permite ahorros significativos; Litman (2014b), Fagnant & Kockelman (2015) y Zhang et al. (2018) sugieren además que los sistemas de vehículos autónomos compartidos pueden reducir el estacionamiento en un 4,5% en Atlanta a un nivel de penetración de mercado del 5%.

Zhang et al. (2018) en su artículo «Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach», realiza un estudio analizando un modelo de simulación de la demanda de aparcamientos desarrollado para evaluar el impacto que tendrán los vehículos autónomos en la demanda de estacionamiento. Los resultados que obtuvo del modelo de conducción compartida indicaron que la demanda de estacionamiento dependerá de la voluntad de compartir viajes. Concluye que hasta el 90% de la demanda de estacionamiento para los hogares simulados se puede suprimir empleando 700 vehículos autónomos compartidos en el sistema. Por lo que una vez que las plazas de parking se liberen, se podrá dar paso a diseños más sostenibles, introduciendo más zonas verdes y espacios abiertos, permitiendo a los planificadores intervenir en el espacio urbano.

En este sentido, el estudio de Fraedrich et al. (2018) también ha demostrado que la demanda esperada de viajes inducidos por la llegada de los vehículos autónomos y la demanda de aparcamiento asociada son la mayor preocupación para el planeamiento urbano. Los vehículos autónomos compartidos podrían resultar en un aumento en el número de vehículos circulando debido a que los vehículos vacíos servirán al próximo viajero (Fagnant & Kockelman, 2015; ITF, International Transport Forum, 2015). Además, se espera que aquellos que pueden adquirir un vehículo autónomo disfrutarán principalmente de los beneficios de estos vehículos, por lo que tendrán implicaciones más negativas que positivas para la equidad social.

Los vehículos autónomos pueden reducir la necesidad de estacionamiento cercano, ya que los vehículos podrían aparcarse en lugares de estacionamiento más baratos y más distantes (Fagnant & Kockelman, 2015). Este comportamiento podría alterar los costes fijos al final del viaje. Se reducirían los costes de la conducción, lo que daría lugar

a cambios en la elección de modo o en el número de viajes en coche, sobre todo en áreas con costes elevados de estacionamiento. Algunos de estos impactos se pueden modelar fácilmente simplemente reduciendo los costes de estacionamiento en todas las zonas.

2.6 Encuestas previas sobre vehículos autónomos

Existen numerosas encuestas llevadas a cabo por diversos autores en el ámbito de los vehículos autónomos. En este apartado se hablará de varias de esas encuestas, agrupadas según su temática, como por ejemplo encuestas sobre el año de implantación, grado de aceptación, impactos potenciales y efectos de los vehículos autónomos entre otras.

Sobre el grado de implantación de los vehículos autónomos, Kyriakidis et al. (2015) ya hicieron una recopilación de varios investigadores que han realizado encuestas sobre vehículos autónomos: Begg (2014), Casley et al. (2013), Hulse et al. (2018), KPMG (2013), Payre et al. (2012), Power (2013), Schoettle et al. (2014) y Sommer (2013).

Además, existe un estudio de Underwood (1992) en que ya se trataron temas asociados a vehículos inteligentes. Los resultados obtenidos entre 55 expertos en el campo ya apuntaban que un sistema de control de crucero adaptativo ACC tendría una penetración (Schoettle et al., 2014) en el mercado del automóvil del 50% para el 2015. Los sistemas de frenado automático seguirían un retraso de 6 a 10 años respecto del sistema de navegación, mientras que la asistencia para el mantenimiento dentro de los carriles sería introducida más tarde. Además, se proyectó que para 2002 los sistemas de alerta frontal y trasero alcanzarían el 5% de penetración en el mercado. Comparando esas predicciones con la situación actual, se puede afirmar que las predicciones han resultado ser muy precisas: el ACC se introdujo en 1995 y ahora está disponible como opción por la mayoría de los fabricantes de automóviles, el sistema de frenado de emergencia avanzado (AEB), los sistemas de advertencia de colisión frontal (FCWS) y los sistemas de mantenimiento de carril (LKS) también están disponibles actualmente en el mercado. Underwood (1992) descubrió que los expertos creían que la conducción totalmente autónoma empezaría a ser implementada entre 2040 y 2075.

El grado de aceptación de los vehículos autónomos ha sido estudiado en varias encuestas, como en el estudio "Public views towards implementation of automated vehicles in urban areas", en el que los resultados revelaron que el público en general posee una actitud positiva

en cuanto a la implementación de los vehículos autónomos en áreas urbanas se refiere. Además, la mayor parte de los encuestados se decantaron más por la automatización de los autobuses dado que una tarifa menor a la actual se traduciría en un beneficio percibido, llevando a los encuestados a preferir este tipo de autobuses frente a los convencionales.

La encuesta que llevaron a cabo reveló que más de la mitad de los encuestados estaban a favor de usar vehículos autónomos si los tuvieran a su alcance, de los cuales, tres cuartos preferirían adquirir uno en propiedad frente al cuarto restante que preferiría compartirlos.

Hulse et al. (2018) elaboraron una encuesta en la que concluyeron que la implantación de vehículos autónomos recibía una valoración buena en comparación con los actuales modos de transporte. No obstante recalcan la necesidad de trabajar para obtener una aceptación mucho más generalizada, pues encontraron personas preocupadas por temas de seguridad vial ya que los pasajeros consideran que hay riesgos en los vehículos autónomos (Hulse et al., 2018).

También Bekiaris et al. (1996) realizó un estudio dirigido a estudiar las necesidades de los usuarios y su aceptación de los sistemas tecnológicos que podrían ayudar a los conductores que no se encuentren en perfectas condiciones para la conducción. Un cuestionario que se distribuyó a 407 personas en nueve países europeos, cuyos resultados mostraron que aunque la mayoría de los usuarios veían de forma positiva la ayuda de un sistema con soporte de asistencia en carretera, la mayoría de ellos expresaron un rechazo definitivo de la conducción autónoma.

Con el estudio llevado a cabo por Kyriakidis et al. (2015) se exploró "la aceptación, las preocupaciones y la disposición de los usuarios a utilizar vehículos autónomos". Este estudio se llevó a cabo a través de una encuesta online con 63 preguntas, llegando a recabar más de 5000 respuestas en 109 países, de los cuales 40 obtuvieron al menos 25 encuestados. Los autores se percataron de las diferencias existentes entre las diferentes naciones que componen el estudio y evaluaron las correlaciones con las características de los usuarios, como la edad, el género y los rasgos de personalidad. En sus resultados salió a relucir que, en promedio, los encuestados consideraron que la conducción manual era el modo de conducción más agradable, además, una de las preocupaciones encontrada con más frecuencia fue en alusión al uso indebido del software y al hackeo de los sistemas, seguida de preocupaciones por cuestiones legales y de seguridad y protección de datos.



Kyriakidis et al.(2015) sacaron como conclusión que los países desarrollados (en términos de estadísticas de accidentes, educación e ingresos) se sentían menos cómodos con su vehículo que con la hipótesis de usar un vehículo autónomo.

En un estudio más reciente, Milakis et al. 2018, trata el tema de los posibles impactos que producirán los vehículos autónomos, una vez se haya logrado un grado de autonomía completa, en cuanto a cómo afectarán a la accesibilidad. Para estudiar los efectos que podrían tener los vehículos autónomos, Milakis et al. (2018), aplicaron el método Q para analizar las respuestas de expertos a nivel internacional sobre estos vehículos y accesibilidad. El método que emplearon les permitió obtener la opinión subjetiva de los expertos sobre las consecuencias que podrían tener los vehículos autónomos de forma que se conservara la heterogeneidad de la muestra. Dentro del estudio, las preguntas partían de la base de que los vehículos autónomos estuvieran en el nivel más alto de automatización, es decir, un nivel 5 según la SAE, contemplando además su uso compartido.

En lo que a seguridad se refiere, Piao et al. (2016) revelan que sólo un cuarto de las personas encuestadas considera que los vehículos autónomos serán más seguros que los vehículos actuales. En el estudio achacan este resultado al “bajo nivel de conocimiento y/o de comprensión de la tecnología de conducción autónoma”. Ahora bien, que la interacción entre vehículos sea segura en las carreteras es otro de los grandes desafíos de cara a tener los vehículos autónomos en circulación, por lo que se hacen necesarias más investigaciones para “testar a los vehículos autónomos en diferentes condiciones de tráfico y clima para convencer al público” (Piao et al., 2016).

3. Encuesta

Como aportación principal de este trabajo, se ha llevado a cabo una encuesta cuyo objetivo principal es conocer la percepción de la ciudadanía sobre los futuros impactos que tendrán los vehículos autónomos en el ámbito del transporte, el espacio urbano y el territorio.

Dada la importancia que día a día adquieren los avances tecnológicos que permiten la conducción autónoma, se hace necesario el planteamiento de diferentes preguntas para la planificación urbanística futura. Puesto que estamos hablando de supuestos futuros, el presente

estudio busca recabar preferencias de los usuarios basándonos en escenarios que no son una realidad hoy en día. No obstante, las líneas de investigación actuales proponen una serie de directrices para la planificación así como modelos matemáticos de simulación, como por ejemplo los de Conceição et al. (2017) y Childress (2015), en los que poder basar varias preguntas de la encuesta.

A continuación, se procede a realizar una descripción de la encuesta llevada a cabo, se detallan los pasos dados para su diseño y la metodología que se ha seguido. Además, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta para posteriormente elaborar una discusión contrastada con los resultados que han recabado otros autores en líneas de investigación similares a la del presente texto.

3.1 Descripción de la encuesta

Para llevar a cabo esta encuesta se ha empleado como guía varias encuestas existentes sobre los vehículos autónomos y los impactos que acarrearán en un futuro. Temas como la percepción de los usuarios, el conocimiento previo que pudieran tener, los diversos impactos derivados de la futura implementación de los vehículos autónomos, entre otros, se analizan en este texto.

Partiendo del estudio de Milakis et al. (2018), en el que emplea el Q-method para interrogar a una serie de expertos sobre los posibles impactos de los vehículos autónomos, se ha desarrollado una encuesta abierta a la ciudadanía para conocer la opinión pública. Mientras que la encuesta realizada consistió en una serie de frases específicas relacionadas con los posibles impactos de los vehículos autónomos, en esta encuesta se ha tratado de tener un enfoque dirigido a un mayor público. En el estudio de Milakis los expertos que tomaron la encuesta tenían que decir qué tan de acuerdo estaban con dichas frases, proponiendo una valoración. En esta encuesta se ha realizado no sólo preguntas en las que se solicita la preferencia de los usuarios, sino que además se buscaron respuestas a preguntas abiertas en las que los encuestados pueden aportar su opinión y nuevas ideas que, dada la novedad del tema a tratar, pueden ser de gran ayuda para los planificadores urbanos.

El estudio pretende analizar cómo piensa una persona sobre un tema en concreto, en este caso, la irrupción de vehículos autónomos en la sociedad, aportando su punto de vista subjetivo. En este caso la encuesta

propuesta consta de una serie de preguntas que buscan medir la percepción de los usuarios.

La encuesta consta de bloques diferenciados en los que se exponen una serie de preguntas cuyas respuestas se analizarán más adelante en este texto.

Los bloques de que se compone la encuesta son los siguientes:

- Caracterización del usuario.
- Caracterización de los viajes.
- Grado de conocimiento de los vehículos autónomos e intención de uso.
- Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos.
- Movilidad, accesibilidad e infraestructuras.
- Usos de suelo, ciudad y territorio.

3.2 Diseño de la encuesta. Metodología

La metodología seguida para el diseño de esta encuesta se describe a continuación. Durante la realización del Estado del Arte, se ha ido obteniendo información que ha permitido formular varias de las preguntas de que se compone el formulario en relación con los temas tratados. También se ha incluido preguntas ya realizadas por otros investigadores con la intención de poder comparar resultados más adelante. Para la estructuración de las preguntas, se han agrupado aquellas que tuvieran características comunes en distintos bloques, que, tras varios cambios, han terminado en concretarse en los grandes apartados de esta encuesta.

La fecha de inicio de la recopilación de las opiniones de los usuarios fue el día 11 de diciembre de 2018. El plazo para la recopilación de datos del cuestionario fue hasta el día 26 de marzo de 2019, recibiendo un total de 100 encuestas en ese periodo. Actualmente el cuestionario sigue abierto para obtener más respuestas y que los resultados sean más sólidos apoyados por un mayor número de participantes.

Se usó la plataforma online Microsoft Forms para la realización de la encuesta. Este programa es un creador online de encuestas que permite

crear distintas opciones de respuesta, como se puede ver en la tabla de resultados, pudiendo exportar los datos a Excel.

El ámbito de estudio será referido a la ciudad de Santander, tomando la muestra del entorno universitario, tanto profesores, como alumnos y personas con cuenta de correo de la Universidad de Cantabria. No obstante, dado el carácter general de los elementos que intervienen, la encuesta puede emplearse en otras áreas de estudio.

3.2.1 Apartados de la encuesta

A continuación, se puede observar la encuesta completa con los apartados y las preguntas correspondientes en la siguiente tabla. Seguidamente se procede a explicar el contenido de cada apartado de esta, detallando los puntos estudiados y los motivos por los que se ha realizado la selección de los elementos dentro de cada apartado.

CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO								
1.-Sexo.	Hombres	Mujeres						
2.-Edad.	<20 años	20-34	35-49	50-64	>65			
3.-Nivel educativo.	ESO	Bachillerato	FP	Grado	Posgrado			
4.-Situación laboral.	Autónomos	Estudiantes	Paro	Trabajo doméstico	Trabajador			
5.-Sector de trabajo.	A. Agraria	Industria	Construcción	Sanidad	Educación	Servicios	Otros	
6.-Ingresos mensuales netos por hogar en euros €.	0 a 999	1000 a 1999	2000 a 2999	3000 o más	NS/NC			
7.-Número de personas en el hogar.	1	2	3	4	5	6		
8.-Número de personas dependientes (niños, mayores, discapacitados. ..) en el hogar.	0	1	2	3	4	5	6	
9.- ¿Cuál es su lugar de residencia actual?	Periferia	Centro	Municipios	Z. Rural				
CARACTERIZACIÓN DE LOS VIAJES								
10.- ¿Posee carnet de conducir?	Sí	No						

11.- ¿Tiene vehículo propio?	Sí	No						
12.- Número de vehículos en el hogar.	0	1	2	3	4	5		
13.- ¿Cuánto tiempo emplea en transporte al día?	0 min	1-30min	31-60 min	1-2 h	2-3 h	Más de 3h		
14.- ¿Cuál es su motivo de viaje más habitual?	Trabajo	Estudios	Compras	Ocio	Visitas a familiares/a amigos	Otras		
15.- Sabiendo que podría conducirse más rápido, ¿qué tiempo estaría dispuesto/a a dedicar al transporte al día	0 min	1-30min	31-60 min	61min-120min	121min-180min	Más de 3h		
16.- En relación con la búsqueda de vivienda, ¿qué tipología prefiere?	Vivienda unifamiliar	Manzana cerrada	Bloque abierto					
17.- De nuevo en la elección de vivienda y por orden de preferencia, ¿qué aspectos son más relevantes para usted?	Cercanía al trabajo	Cercanía servicios	Precio	Acceso por transporte público	Tamaño	Disponibilidad de aparcamiento	Acceso a comercios	Otras
18.- En caso de que haya elegido Otros en primer lugar, diga cuáles.	Ocio	Entorno, calidad y naturaleza	Equipamientos					
19.- Ordene de mayor a menor qué dotaciones o servicios son más preferentes en la elección de vivienda.	Comercio	Centros educativos	Instalaciones deportivas	Centros sanitarios	Otros			
20.- En caso de que haya elegido Otros en primer lugar, diga cuáles.	Ocio	Trabajo	Seguridad y tipo de zona	Centros deportivos	Parques y jardines			
GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS E INTENCIÓN DE USO								
21.- ¿Había oído hablar de los vehículos autónomos?	Sí	No						
22.- Se estima que el precio de un vehículo autónomo será de 75000€.	Sí	No						

¿Estaría dispuesto a comprarlo?								
23.- Si no estuviera dispuesto, ¿lo estaría por una cantidad inferior?	40000-75000	<40000	No en ningún caso					
24.- ¿Con quién estaría dispuesto/a a compartir trayecto? Puede elegir varias opciones.	Familiares	Amigos	Compañeros de trabajo/clase	Desconocidos				
CONSECUENCIAS E IMPACTOS GENERALES DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS								
25.- ¿Cree que con estos vehículos se reduciría la polución?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
26.- ¿Cree que mejorará la posibilidad de desplazarse de niños, mayores o discapacitados?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
27.- ¿Cómo cree que afectarán estos vehículos a la economía? Puede elegir varias opciones.	Se crearán nuevas industrias	Se perderán puestos de trabajo	Hará crecer la economía	Otras				
28.- ¿Para quién cree que serán más seguros los vehículos autónomos?	Peatones, ciclistas	Pasajeros	Ambos	Ninguno				
MOVILIDAD								
29.- ¿Cree que se reducirán los tiempos de viaje?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
30.- ¿Cree que competirá con la bici, hoverboards, patinetes eléctricos... en distancias cortas (menos de 10 km)?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
31.- ¿Cree que competirá con el transporte público en las distancias	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				

medias y largas (más de 10km)?								
32.- ¿Estaría dispuesto/a a cambiar los servicios de bus y taxi por el uso compartido de vehículos autónomos?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
33.- ¿Qué tarifa vería más adecuada para utilizar vehículos autónomos de forma compartida?	Similar a la del autobús	Similar a la del taxi						
34.- ¿Realizaría más viajes a...?	Centro	Afuera	Ambos	Mismos viajes				
35.- ¿Cree que aprovecharía el tiempo de viaje para realizar actividades como trabajar/estudiar?	Sí	No	Otras					
USOS DE SUELO, CIUDAD Y TERRITORIO.								
36.- ¿Cree que se deberían reducir las plazas de aparcamiento?	Sí	No						
37.- ¿Dónde creería conveniente su reducción?	Centro	Periferia	Municipios del entorno	No creo que deban reducirse				
38.- ¿Dónde piensa que es mejor que se aparquen/almacenen los vehículos autónomos?	Centro parkings subterráneos	Actuales parkings disuasorios	Polígonos industriales	Periferia	Otras			
39.- ¿Qué usos les daría a las plazas de aparcamiento que ya no fueran necesarias?	Zonas verdes	Zonas peatonales	Nuevos equipamientos	Áreas comerciales	Paradas de subida y bajada	Estaciones de carga	Otras	
40.- ¿Dónde pondría los puntos de recogida de pasajeros?	Paradas de autobús	Paradas de taxi	Puerta a puerta	En los lugares de trabajo	Gasolineras	Otras		
41.- ¿Dónde piensa que deberían colocarse los puntos de carga energética	Gasolineras	Puntos en las afueras	Otras					

para estos vehículos?								
42.- ¿Restringiría el uso de vehículos autónomos a alguna de estas zonas?:	Barrios del centro	Centro urbano	Toda la ciudad	No restringiría				
43.- Sabiendo que se recorrerán mayores distancias en menos tiempo, ¿trabajaría/estudiaría más lejos?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				
44.- ¿Elegiría ubicaciones más alejadas para vivir?	Sí	Probablemente	Es poco probable	No				

Tabla 3. Preguntas y respuestas obtenidas de la encuesta planteada.

Caracterización del usuario

La finalidad de este bloque es conocer aspectos concretos de los encuestados para poder después dibujar perfiles y patrones de respuesta entre todos los participantes. Este bloque se corresponde con las preguntas de la 1 a la 9.

Las cuestiones que se abordan en esta sección son preguntas específicas sobre la persona encuestada para conocer su sexo, edad, nivel educativo, situación laboral, sector de actividad, ingresos, número de personas en el hogar, y número de personas dependientes en el hogar.

Para la caracterización de los usuarios se han tenido en consideración aquellos factores generales para obtener una primera clasificación de los encuestados. En este apartado se realiza una distinción por:

- Sexo
- Edad
- Nivel educativo
- Situación laboral
- Sector de trabajo
- Ingresos netos en el hogar

- Número de personas en el hogar
- Número de personas dependientes en el hogar
- Lugar de residencia

La característica de sexo cuenta con las opciones hombre y mujer y sirve para separar a la población por sexos. La diferenciación servirá para identificar si existe alguna preferencia de respuesta en determinadas preguntas y para contrastar los perfiles.

La edad es un factor a tener en cuenta dado que la percepción sobre un tema tan novedoso como el de los vehículos autónomos previsiblemente ofrecerá un abanico de respuestas variado. Los resultados obtenidos en esta pregunta servirán, junto con el análisis anterior por sexo, para establecer tendencias entre la población y observar las diferencias entre grupos de la sociedad. Los grupos de edad que se han manejado en esta encuesta son de franjas de edad de 15 años, con excepción de los grupos de menores de 20 años y mayores de 65.

En cuanto a nivel educativo, los usuarios pueden seleccionar entre ESO, bachillerato, formación profesional, grado universitario o estudios de posgrado. La situación laboral cuenta con las opciones de estudiante, trabajador, autónomo, parado o trabajador doméstico. El perfil buscado con esta encuesta es el de personas con un nivel educativo universitario, sobre todo de cara a preguntas en las que se pide dar alternativas. Dentro del estudio hay preguntas que requieren cierta capacidad de abstracción dadas las incertidumbres que presenta el tema tratado.

La situación laboral de los encuestados es un parámetro socioeconómico del que podemos inferir ciertos comportamientos como por ejemplo a la hora de adquirir un vehículo autónomo. También sirve para contrastar con datos sobre vivienda y usos de transporte, así como motivos de viaje.

El sector de trabajo está clasificado en la encuesta en actividad agraria, industria, construcción, sanidad, educación, servicios y otras. Aunque el propósito de este trabajo no sea el de analizar las opiniones de expertos como en el caso del estudio de Milakis et al. (2018), sí que resulta interesante observar a qué sector de trabajo pertenecen los encuestados, ya que nos puede dar una idea sobre el posible conocimiento que hayan podido tener con la conducción autónoma.

Los ingresos mensuales netos por hogar en euros se han separado en bloques de 1000 euros hasta más de 3000, con la opción de no sabe/no contesta. El dato obtenido de los ingresos netos en el hogar sirve para identificar el poder adquisitivo que tienen las unidades domésticas de tal forma que se puedan hacer análisis económicos.



En cuanto al lugar de residencia se valoran las opciones de centro de la ciudad, periferia de la ciudad, municipios limítrofes a la ciudad o zona rural. El análisis por lugar de residencia ayuda a comprender mejor qué fenómenos han predominado hasta la fecha, de tal manera que podemos relacionar la distribución de lugares con la dispersión urbana y con la densidad del centro de las ciudades.

La tipología de vivienda a la hora de buscar una nueva casa es otro parámetro que tiene implicaciones en muchos aspectos del urbanismo, ya que no sólo refleja las opciones más populares dentro de una ciudad, sino que nos puede hablar de la propia configuración de las ciudades y de cómo abordar la planificación futura. Previsiblemente, las personas que vivan en cascos históricos en el centro de las ciudades tendrán menor necesidad de utilizar vehículos autónomos para moverse por sus alrededores, mientras que tradicionalmente, las viviendas unifamiliares características de zonas periféricas como ciudades dormitorio, sí requerirán algún modo de transporte para poder satisfacer sus necesidades en cuanto a servicios.

Caracterización de los viajes

En el bloque de caracterización de los viajes de la encuesta, correspondiente a las preguntas de la 10 a la 20, se pregunta por datos relacionados con los viajes que realiza el usuario en su día a día. Se pregunta por la posesión de carnet de conducir y de vehículo propio, cuántos vehículos hay en el hogar, cuánto tiempo emplea el encuestado en transporte al día y su motivo de viaje más habitual (trabajo, estudios, compras ocio, visitas a familiares/amigos, otros).

La posesión del carnet de conducir y de coche propio sirven como indicadores de la dependencia que tienen los usuarios del transporte privado para la realización de sus viajes. Esto supone un reflejo del parque vehicular

El motivo de los viajes es un claro indicador de la utilidad del transporte para los usuarios. Trabajo, estudios, sanidad, compras y ocio, entre otros, definen por dónde nos solemos mover.

Grado de conocimiento y la intención de uso



Puesto que este estudio aborda el tema de los vehículos autónomos y tiene como objetivo averiguar cuáles pueden ser los diferentes efectos que pueda tener este tipo de conducción, resulta imprescindible hacernos una idea sobre lo que los ciudadanos piensan sobre ellos.

El grado de conocimiento de los vehículos autónomos y la intención de uso de estos permite analizar si la población está o no informada sobre los avances en conducción autónoma. Las preguntas de que se compone este bloque van de la 21 a la pregunta 24. Se pregunta si han oído hablar previamente sobre vehículos autónomos, si estarían dispuestos a comprar uno y en qué condiciones. También se analiza la confianza en el sistema preguntando por el uso compartido de estos vehículos con familiares, amigos, compañeros o desconocidos.

Una persona podrá adquirir un vehículo autónomo para sí, pero también cabe la posibilidad de que utilice un servicio parecido al de los taxis, en cuyo caso también podría elegir ser el único ocupante del vehículo. No obstante, este tipo de vehículos se presta para que sean de uso compartido. De esta forma se pretende descongestionar las carreteras e incrementar la eficiencia del transporte. Por ello se pregunta a los encuestados con quiénes estarían dispuestos a compartir un vehículo autónomo en caso de tener que utilizarlo.

Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos

En el apartado de consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos se estudian los impactos en el medio ambiente, en la sociedad, en la economía y en la seguridad que podrían llegar a darse con la irrupción de los vehículos autónomos. Está conformado por las preguntas 25, 26, 27 y 28.

La movilidad de personas dependientes, como niños, mayores o discapacitados, presumiblemente se verá mejorada por la aparición de la conducción autónoma, facilitando el transporte ya que no se requiere de conductor.

En relación con la economía, los vehículos autónomos supondrán una revolución en el transporte. Su irrupción generará nuevas industrias, aunque probablemente signifique el fin de otras.

La seguridad es uno de los aspectos más relevantes sobre los que actualmente se está investigando en conducción autónoma. Los

vehículos autónomos plantean desafíos tanto tecnológicos como sociales, creando escenarios sin precedentes en los que hay que pensar.

Para este estudio se ha dado a los encuestados varias opciones para que digan para quién creen que serán más seguros estos vehículos.

Movilidad, infraestructuras y capacidad

En el estudio de impactos en la movilidad se pregunta a los encuestados por los tiempos de viaje y por la percepción de estos; por las distancias a recorrer, por el uso compartido del transporte y si modificaría su conducta tanto como pasajero, como a la hora de elegir destinos. Las preguntas relativas a este apartado van de la 29 a la 35.

Los vehículos autónomos seguramente reduzcan los tiempos de viaje ya que una flota de vehículos que se comuniquen entre sí permitirá una mayor eficiencia en cuanto a velocidades y uso del espacio. Para conocer la opinión de los encuestados, se les preguntó sobre si creen que se reducirán los tiempos de viaje.

Los vehículos autónomos serán un nuevo modo de transporte que permitirá a los usuarios nuevas opciones para realizar sus trayectos. Con este trabajo se pretende poner en situación a los encuestados y averiguar qué tan dispuestos estarían a utilizar un vehículo autónomo en función de la distancia a recorrer.

En las distancias cortas, menores de 10 kilómetros, se preguntó a los encuestados si los vehículos autónomos supondrían una opción a elegir frente a otros modos de transporte como patinetes eléctricos, hoverboards o la bicileta. Para analizar los viajes, se preguntó a los encuestados, en caso de tener un vehículo autónomo, a dónde realizarían más viajes.

Usos de suelo, ciudad y territorio

Aquí se trata la reordenación del espacio urbano, la regulación de accesos, y la dispersión urbana. Las preguntas correspondientes a este apartado van de la pregunta 36 hasta el final de la encuesta. En el bloque de usos de suelo, ciudad y territorio se pregunta a los usuarios su opinión sobre políticas a adoptar en el ámbito urbano, con preguntas

sobre los usos a plazas de aparcamiento, posibles emplazamientos para almacenar los vehículos autónomos, puntos de recogida de pasajeros, puntos de carga de vehículos, restricción de su uso por zonas, y preguntas relacionadas con la dispersión urbana.

Se pregunta a los encuestados sobre su opinión acerca de posibles medidas a tomar en relación a los vehículos autónomos en cuanto a planeamiento urbanístico.

La primera pregunta de este bloque va encaminada a conocer la dependencia o no de las plazas de aparcamiento para los usuarios.

La regulación de acceso de los vehículos autónomos a determinadas zonas puede llegar a producirse para evitar congestión en diversas partes de una ciudad.

En la última sección se hacen preguntas más específicas sobre el posible efecto de dispersión urbana que podría conllevar el uso generalizado de vehículos autónomos.

3.3 Resultados

Las cifras de que se hablan a continuación representan indistintamente datos absolutos y porcentajes, puesto que el número de respuestas fue de 100 al cerrar el estudio.

3.3.1 Caracterización de los usuarios

A continuación, se muestran todos los resultados obtenidos referentes a la caracterización de los usuarios, en base a los datos de la encuesta. Se hace referencia a la o las preguntas que intervienen en los resultados, acompañado por gráficos descriptivos como soporte y ayuda al análisis.

De los resultados por sexo de la encuesta se observa que una gran mayoría, dos terceras partes de los encuestados, son mujeres.

1. CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO

[Más detalles](#)

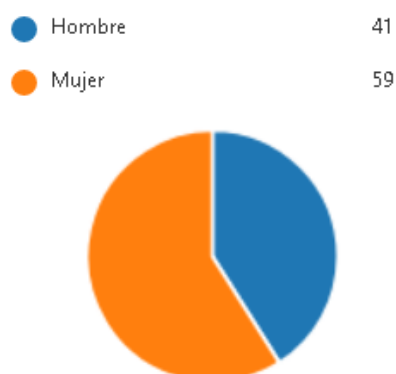


Ilustración 1. Resultados por sexo.

Los resultados obtenidos se pueden analizar desde muchas perspectivas y servirán de cara al desarrollo de las conclusiones. Para este análisis, dados los resultados anteriores, se puede considerar que la población está dividida al 50% en menores de 50 años y mayores de 50 años, siendo este grupo ligeramente dominante. Puesto que la implementación de los vehículos autónomos todavía es distante en el tiempo, hay mayores probabilidades de que los grupos de edad menores de 50 años alcancen a ver más avances y un mayor grado de desarrollo de esta tecnología.

2. Edad.

[Más detalles](#)

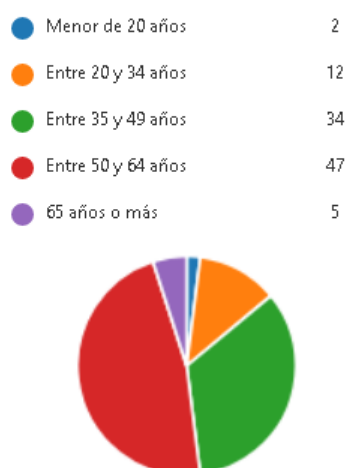


Ilustración 2. Resultados por edad.

Como se puede observar en la ilustración 3, más del 70% de los encuestados posee formación universitaria, con una elevada participación de personas con estudios de posgrado siendo estos 1/3 del total de encuestados. Estos resultados son normales, ya que la encuesta se ha enviado sobre todo a personas de la comunidad universitaria.

3. Nivel educativo.

[Más detalles](#)

● Educación Secundaria Obligatoria	5
● Bachillerato	4
● Formación Profesional	21
● Grado	34
● Posgrado (máster, doctorado...)	36



Ilustración 3. Resultados por nivel educativo.

A la vista de los resultados de la encuesta, se puede decir que en principio las personas que la han realizado son conscientes de las repercusiones que tienen este tipo de estudios de cara a futuras investigaciones y que dada su formación tienen una capacidad de abstracción suficiente para resolver las preguntas sin grandes dificultades.

Se puede observar que en los resultados (véase ilustración 4), la mayoría de los encuestados trabajan, por lo que en principio, realizan viajes por motivos de trabajo habitualmente. Ello implica que están familiarizados con situaciones cotidianas de transporte y que muchos de ellos dependen del mismo para ir al trabajo. El hecho de que la mayoría tenga

una situación laboral activa también puede implicar una mayor conciencia en temas económicos, sobre todo a la hora de adquirir un vehículo o tener presentes las tarifas de transporte público.

4. Situación laboral.

[Más detalles](#)

● Estudiante	3
● Trabajador	64
● Autónomo	22
● Parado	6
● Trabajo doméstico	5



Ilustración 4. Resultados por situación laboral.

De los resultados sobre sector laboral destacan el sector servicios en primer lugar, siendo “otros” la segunda opción más utilizada. Según las respuestas dadas, gran parte de quienes respondieron “otros” trabajan como administrativos o funcionarios del estado, aunque también destacan la respuesta de arquitectos, personal investigador y un perfil en una consultoría tecnológica.

5. Sector de trabajo.

[Más detalles](#)

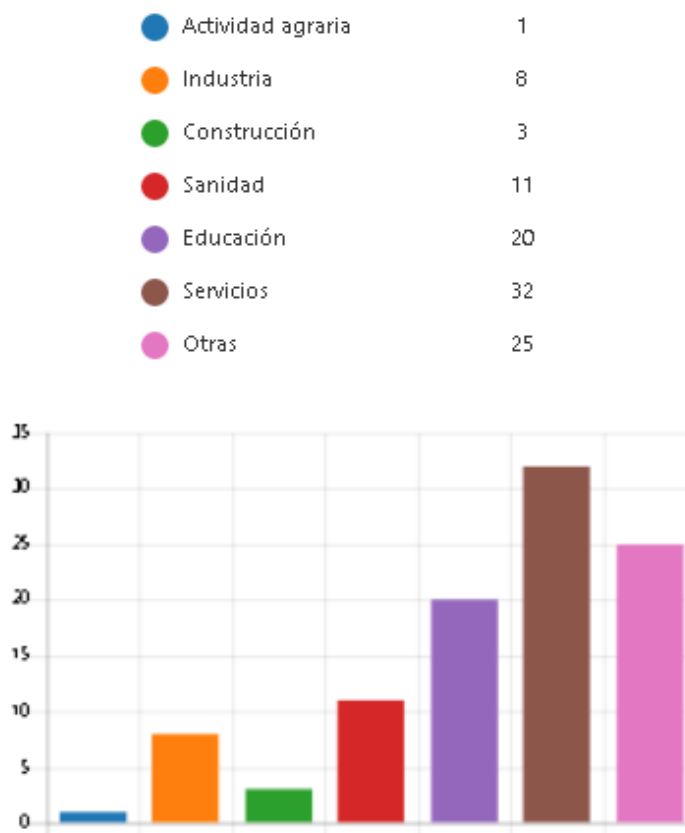


Ilustración 5. Resultados por sector de trabajo.

Como se puede observar en la ilustración 6, la distribución de respuestas se puede tomar como cuatro grandes bloques de aproximadamente la misma cantidad de encuestados, un bloque de 1000 a 1999 € mensuales, otro bloque de 2000 a 2999 €, otro de 3000 € o más y un último bloque en el que se podría englobar las respuestas de 0 a 999€ mensuales y los encuestados que respondieron no sabe/no contesta.

Cabe destacar que esta distribución, cada bloque cuenta con un cuarto aproximadamente de las respuestas, pudiendo discernir 3 bloques homogéneos y uno compuesto.

6. Ingresos mensuales netos por hogar en euros €.

[Más detalles](#)



Ilustración 6. Resultados por ingresos mensuales netos en €.

En lo referente a las preguntas 7 y 8, la encuesta refleja que hay una media de 3 personas en el hogar, de las cuales 1 es dependiente.

A la luz de estos resultados podemos suponer que el porcentaje relativo a las personas dependientes tendrá cierta relevancia a la hora del uso de vehículos autónomos. Teniendo esto en cuenta y que la muestra recabada en esta encuesta refleja una pirámide de población envejecida que en las próximas décadas engrosará el número de personas mayores dependientes. Por ello, la implementación de vehículos autónomos quizás ofrezca muchas ventajas a este grupo de personas que seguramente vayan a poder disfrutar de mayor movilidad en cuanto a transporte se refiere.

-N.º medio de personas en el hogar: 3,13

-N.º medio de personas dependientes en el hogar: 1,17

Los encuestados han optado en su mayoría por vivir en municipios limítrofes a la ciudad (véase ilustración 9), sin embargo casi la misma cantidad de personas eligieron los barrios periféricos a la ciudad, seguidos muy de cerca por las personas que residen actualmente en el centro de su ciudad. De estos resultados podemos extraer que actualmente sí existe un proceso de dispersión urbana moderado, ya que casi dos tercios del total de los encuestados viven en áreas próximas al centro.

9. ¿Cuál es su lugar de residencia actual?

[Más detalles](#)

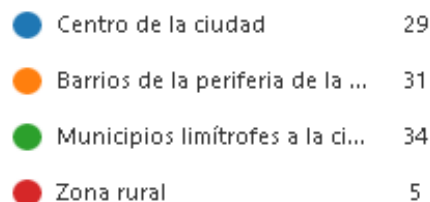


Ilustración 7. Resultados de lugar actual de residencia.

3.3.2 Caracterización de los viajes

La pregunta número 10, sobre si se posee carnet de conducir, cuenta con más del 90% de respuestas afirmativas, al igual que la pregunta sobre si se posee vehículo propio. Esto indica que actualmente sí existe una altísima dependencia del vehículo privado. Esto podría llevar a pensar que las personas quizás sean más proclives a adquirir un vehículo autónomo para sí en vez de compartir.

10. CARACTERIZACIÓN DE LOS VIAJES

[Más detalles](#)



Ilustración 8. Resultados sobre la posesión de carnet de conducir.

11. ¿Tiene vehículo propio?

[Más detalles](#)

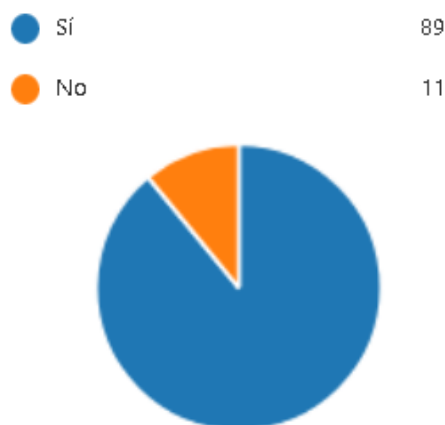


Ilustración 9. Resultados sobre la posesión de vehículo propio.

En lo que se refiere a la pregunta 12, el resultado obtenido como n° medio de vehículos en el hogar fue de 1,85. Esto indica que los hogares presentan una tasa de motorización elevada.

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las preguntas 13 y 15 respectivamente sobre el tiempo dedicado al transporte al día por los encuestados. Con estas preguntas lo que se pretende conocer es si los usuarios modificarían su conducta ante la aparición de los vehículos autónomos. De la encuesta se obtiene que los participantes suelen emplear en su mayoría menos de dos horas en transporte al día. Ante la pregunta siguiente, teniendo en cuenta el factor de que se podría conducir más rápido y, por tanto, reducir los tiempos de viaje, los resultados reflejan una reducción en las opciones de más de 2 horas, pero aumenta la tolerancia para trayectos de hasta 2 horas.

¿Cuánto tiempo emplea en transporte al día?	0 min	5%	1-30min	20%	31-60 min	30%	1-2 h	22%	2-3 h	7%	Más de 3h	16%
Sabiendo que podría conducirse más rápido, ¿qué tiempo estaría dispuesto/a a dedicar al transporte al día	0 min	13%	1-30min	31%	31-60 min	42%	61min-120min	6%	121min-180min	6%	Más de 3h	2%

Tabla 4. Resultados de tiempo de transporte al día.

En este estudio, los centros de enseñanza, junto con los comercios, resultaron ser las dotaciones más demandadas por los encuestados.

Con la pregunta 14 se enlaza con las respuestas sobre motivo de viaje más habitual, ya que, con mucho, el motivo principal de viaje de los encuestados es el trabajo. Esto se traduce en información valiosa para los planificadores, ya que el uso compartido de los vehículos autónomos puede resolver eficazmente este tipo de viajes, reduciendo el número de vehículos en las carreteras a la hora de compartir el mismo destino las personas empleadas en una misma empresa. El dedicar una zona exclusiva de parques empresariales facilitaría el uso compartido de vehículo a la hora de ir al trabajo.

14. ¿Cuál es su motivo de viaje más habitual?

[Más detalles](#)

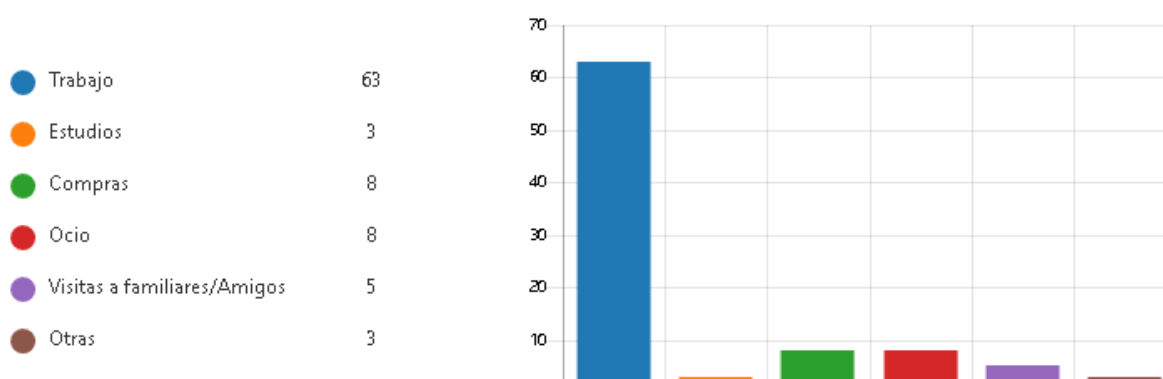


Ilustración 10. Resultados de motivo de viaje más habitual.

A continuación, se muestran los resultados a la pregunta 16 sobre las preferencias en cuanto a tipología de vivienda a la hora de buscar vivienda.

Estos resultados permiten entrever que la mayoría de los encuestados son más propensos a buscar viviendas unifamiliares, lo que, aplicado a una ciudad como Santander, supone elegir ubicaciones dispersas en barrios de la periferia en su mayoría. Ello implicaría un aumento en la dispersión urbana, ligada a una necesidad de vehículo para acceder al centro de la ciudad.

16. En relación a la búsqueda de vivienda, ¿qué tipología prefiere?

[Más detalles](#)

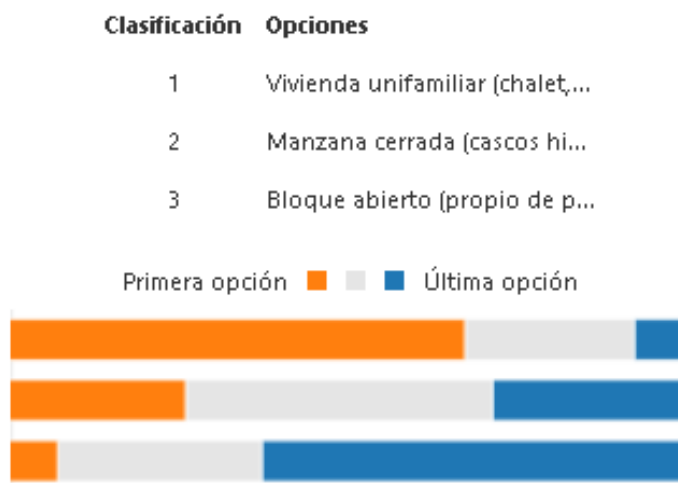


Ilustración 11. Resultados sobre tipología de vivienda.

La pregunta 17 refleja que la cercanía al trabajo es el aspecto más relevante cuando se busca vivienda. Esto está relacionado con que el motivo de viaje más habitual sea precisamente el trabajo, por lo que se puede deducir que, en el futuro, los vehículos autónomos tendrán que suplir esta demanda. En segundo lugar, la cercanía servicios también cuenta con una importancia elevada. Las respuestas menos relevantes para los encuestados fueron el acceso al transporte público, la disponibilidad de aparcamiento y el acceso a comercios. Ello implica que seguramente, los vehículos autónomos en el futuro servirán principalmente para poder realizar viajes para el ocio como ir de compras.

Sin embargo, a pesar de que la cercanía a comercios casi no era relevante a la hora de elegir vivienda, sí es una de las dotaciones más demandadas por los encuestados lo que podría parecer una contradicción.

17. De nuevo en la elección de vivienda y por orden de preferencia, ¿qué aspectos son más relevantes para usted?

[Más detalles](#)

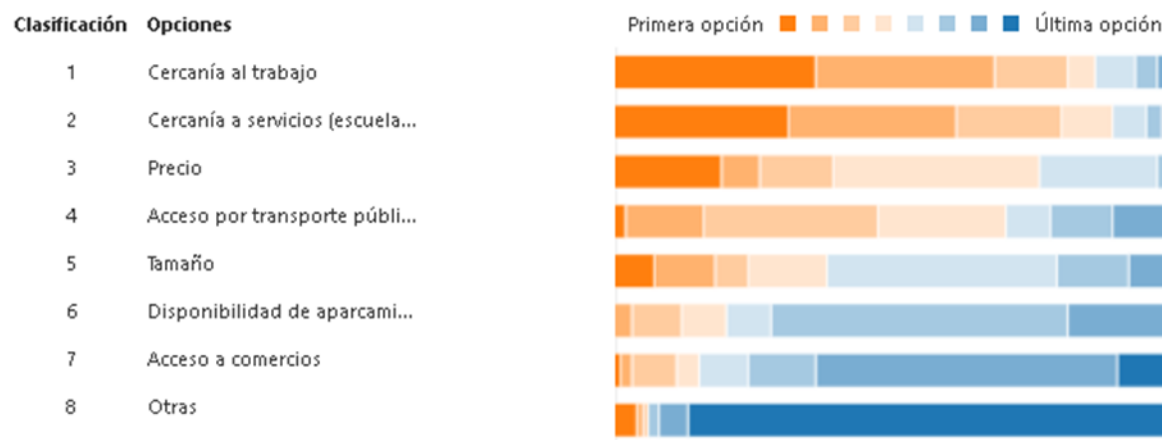


Ilustración 12. Resultados de aspectos relevantes a la hora de elegir vivienda.

La pregunta 18 sobre qué otros aspectos considerarían relevantes a la hora de elegir vivienda, ha dado como respuestas alternativas ocio, entorno, calidad de vida, naturaleza y equipamientos. Estas respuestas parecen apuntar hacia los núcleos periféricos, que por lo general suele contar con más espacios verdes lejos del bullicio de las ciudades, pero con los equipamientos necesarios para vivir sin problemas en la periferia.

19. Ordene de mayor a menor qué dotaciones o servicios son más preferentes en la elección de vivienda.

[Más detalles](#)

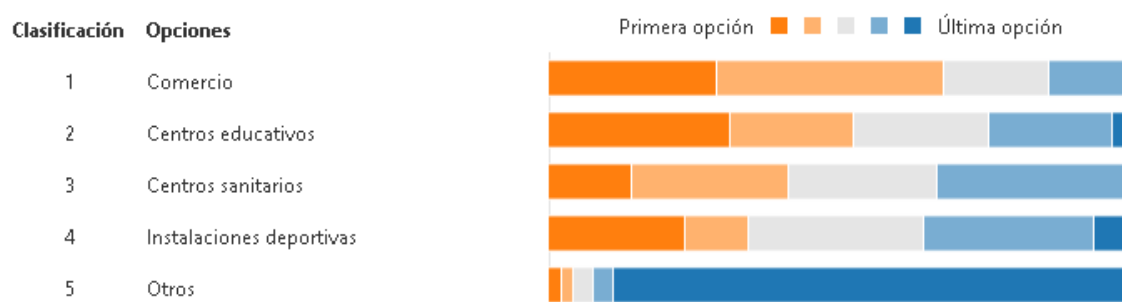


Ilustración 13. Resultados de la preferencia de dotaciones a la hora de elegir vivienda.

Los resultados de la pregunta 20 son variados ya que se habla de ocio, trabajo, seguridad, centros deportivos, parques y jardines. No obstante,

las respuestas fueron escasas como para adquirir peso en los resultados globales.

En caso de que haya elegido Otros en primer lugar, diga cuales.	Ocio	Trabajo	Seguridad y tipo de zona	Centros deportivos	Parques y jardines
---	------	---------	--------------------------	--------------------	--------------------

Tabla 5. Resultados de la preferencia de dotaciones a la hora de elegir vivienda para la opción "otros".

3.3.3 Grado de conocimiento de los vehículos autónomos

Dada la novedad de este tema, sorprende que más del 75% de los encuestados haya oído hablar sobre los vehículos autónomos (véase ilustración 14). Esto quizás pueda tener relación con el alto nivel de estudios que presenta la muestra, por lo que puede ser que la población general tenga una menor noción de lo que es un vehículo autónomo. Sorprende que el 87% de las personas que sí habían oído hablar de los vehículos autónomos sean personas dentro de los sectores mayores de 35 años.

A la hora de adquirir un vehículo autónomo, se dio a los usuarios una estimación sobre el que podría ser el coste hoy en día de un vehículo autónomo. Menos del 10% de los encuestados estaría dispuesto a comprar un vehículo autónomo al precio estimado. Cabe resaltar que, dentro de este grupo de personas, la gran mayoría dispone de ingresos mayores de 2000€ al mes. Al dar rangos de cifras menores para su adquisición, sorprende que hoy en día, casi la mitad de los encuestados no estaría dispuesto a comprar un vehículo de estas características bajo ningún concepto. En los siguientes análisis se tratará de esclarecer el porqué de este fenómeno.

21. Grado de conocimiento de los vehículos autónomos e intención de uso. ¿Había oído hablar de los vehículos autónomos?

[Más detalles](#)

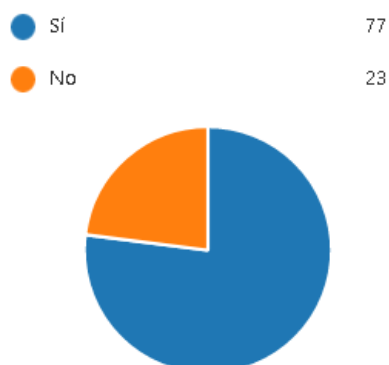


Ilustración 14. Resultados sobre el grado de conocimiento de los vehículos autónomos.

22. Se estima que el precio de un vehículo autónomo será de 75000€. ¿Estaría dispuesto a comprarlo?

[Más detalles](#)

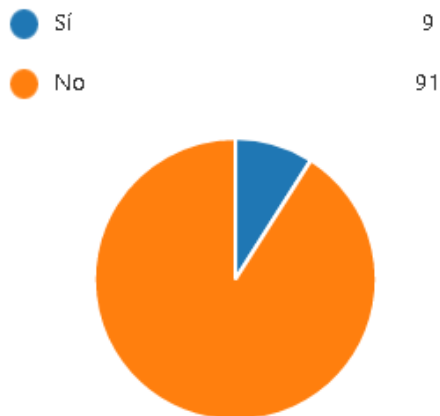


Ilustración 15. Resultados referentes a la voluntad de adquirir un vehículo autónomo.

23. Si no estuviera dispuesto, ¿lo estaría por una cantidad inferior?

[Más detalles](#)

● Sí, entre 40000 y 75000	11
● Sí, menos de 40000	40
● No, en ningún caso	44



Ilustración 16. Resultados a la pregunta 23.

Ante la posibilidad de compartir vehículos autónomos se permitió la opción de seleccionar varias respuestas. Las respuestas más populares fueron familiares, amigos y compañeros de trabajo, sin embargo, el uso de un coche compartido con desconocidos apenas presentó respuestas. Parece ser que la confianza es un factor clave a la hora de compartir un vehículo autónomo. Hay que destacar que más del 75% de los encuestados dispuestos a compartir vehículo tienen más de 35 años y más de la mitad son mujeres. El mayor número de personas que utilizan el transporte público puede ser otro factor que de confianza a los usuarios en caso de que se produzcan incidentes, cosa que en un vehículo con menor número ocupantes puede crear mayor sensación de inseguridad.

24. Otra manera de usarlos será de forma compartida. ¿Con quién estaría dispuesto/a a compartir trayecto? Puede elegir varias opciones.

[Más detalles](#)

● Familiares	79
● Amigos	69
● Compañeros de trabajo/clase	54
● Desconocidos	9



Ilustración 17. Resultados sobre la posibilidad de compartir un vehículo autónomo.

3.3.4 Consecuencias e impactos generales de los vehículos autónomos

A continuación se presentan los resultados del apartado de impactos generales de la encuesta.

En lo que respecta a la polución, la mayoría de los encuestados consideran que la tecnología se habrá desarrollado lo suficiente como para reducir las emisiones a la atmósfera, salvo un pequeño porcentaje que opina lo contrario.

A la luz de estos resultados se puede decir que los vehículos autónomos gozan, en principio, de una buena imagen ya que los encuestados los valoran de manera optimista.

25. CONSECUENCIAS E IMPACTOS GENERALES DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

[Más detalles](#)

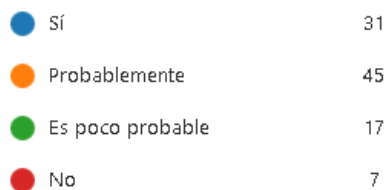


Ilustración 18. Resultados sobre si los encuestado creen que se reducirá la polución.

Ante la pregunta sobre la movilidad de personas dependientes, como niños o ancianos, los encuestados consideran en un elevado porcentaje que la existencia de los vehículos autónomos supondrá una mejora en sus desplazamientos.

26. ¿Cree que mejorará la posibilidad de desplazarse de niños, mayores o discapacitados?

[Más detalles](#)

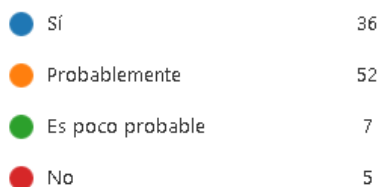


Ilustración 18. Resultados sobre la mejora de desplazamiento para grupos dependientes.

Con la siguiente pregunta se quiere conocer la opinión de los encuestados sobre el impacto económico que tendrá la conducción autónoma. En este caso se ha dado la posibilidad de elegir varias opciones para no restringir respuestas múltiples. En general, la opinión parece ser positiva, ya que en su mayoría los encuestados creen que se crearán nuevas industrias y que harán crecer la economía, frente a un sector, algo menor, que cree que se perderán puestos de trabajo. De los encuestados que creen que hará crecer la economía y que se crearán nuevas industrias, hay que resaltar que el 70% poseen un nivel educativo igual o superior al grado universitario.

27. ¿Cómo cree que afectarán estos vehículos a la economía? Puede elegir varias opciones.

[Más detalles](#)



Ilustración 19. Resultados de opinión en cuanto al impacto en la economía.

La gran mayoría ve a los vehículos autónomos como más seguros tanto para los pasajeros, como para el resto de usuarios de la vía pública (peatones, ciclistas...). Algo más del 10% cree que no beneficiará a nadie la implementación de vehículos autónomos en las calles.

28. ¿Para quién cree que serán más seguros los vehículos autónomos?

[Más detalles](#)

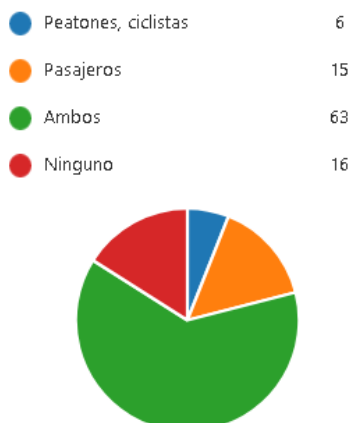


Ilustración 20. Resultados sobre la opinión en seguridad.

3.3.5 Movilidad, accesibilidad e infraestructuras

Más de la mitad de los encuestados tiene una visión positiva sobre la posible reducción de los tiempos de viaje, de los cuales gran parte cree que probablemente sí disminuyan los tiempos. Por el lado contrario, una fracción muy pequeña cree que no se reducirán y una porción algo mayor cree que es poco probable que se dé esta situación.

29. MOVILIDAD

[Más detalles](#)



Ilustración 21. Resultados sobre si se cree que se reducirán los tiempos de viaje.

Más de la mitad de los encuestados piensa que es poco probable o que no supondrán una competencia estos vehículos para el resto de modos de transporte mencionados, y son muy pocos los usuarios que piensan que sí que podrían competir. Dentro de los encuestados que piensan que no supondrán competencia para estos otros modos de transporte cabe destacar que hay una parte importante que está dentro del grupo de menores de 35 años.

30. ¿Cree que competirá con la bici, hoverboards, patinetes eléctricos... en distancias cortas (menos de 10 km)?

[Más detalles](#)

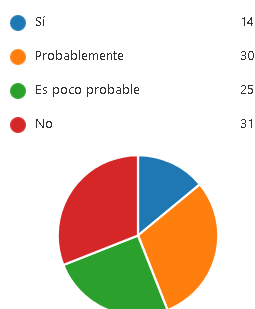


Ilustración 22. Resultados sobre distancias cortas.

Ahora bien, cuando se preguntó a los encuestados si los vehículos autónomos supondrían una competencia para el transporte público en distancias medias y largas (mayores de 10 kilómetros), resulta que más del 75% de los encuestados cree que sí o que probablemente sí, frente al resto de respuestas que combinadas no alcanzan un porcentaje significativo.

31. ¿Cree que competirá con el transporte público en las distancias medias y largas (más de 10km)?

[Más detalles](#)



Ilustración 23. Resultados sobre largas distancias.

Con esto se puede concluir que los usuarios parecen preferir los vehículos autónomos para realizar distancias mayores o al menos ven una mayor utilidad en utilizarlos para mayores distancias.

No obstante, a la hora de preguntar sobre si estarían dispuestos a cambiar los actuales servicios de bus o taxi por el de vehículos autónomos, las respuestas presentan una distribución más variada. Un tercio de los encuestados cree que probablemente sí que lo sustituiría, junto con algo más del 25% que sí que lo sustituiría.

Algo más de un 10% no estaría dispuesto a sustituir por vehículos autónomos los servicios de transporte de autobuses y taxis.

32. ¿Estaría dispuesto/a a cambiar los servicios de bus y taxi por el uso compartido de vehículos autónomos?

[Más detalles](#)

● Sí	27
● Probablemente	38
● Es poco probable	22
● No	13



Ilustración 24. Resultados sobre la disposición al cambio de bus y taxi por vehículos autónomos.

Cuando se preguntó a los encuestados sobre qué tarifa verían más adecuada para la utilización de los vehículos autónomos de manera compartida, sólo un 25% consideró que debería ser similar a la tarifa de un taxi, frente al 75% que preferiría que la tarifa fuera más parecida a la del autobús (considerablemente más baja).

33. ¿Qué tarifa vería más adecuada para utilizar vehículos autónomos de forma compartida?

[Más detalles](#)



Ilustración 25. Resultados sobre la tarifa admisible por los encuestados.

Más de la mitad de los encuestados optaron por realizar el mismo número de viajes, seguidos por los viajes al centro de la ciudad, siendo pocos los que realizarían más viajes a las afueras. Esta información puede ser relevante a la hora de diseñar una hipotética flota de vehículos autónomos ya que gran parte de los viajes serían los mismos. Por otro lado, también se puede intuir un mayor número de viajes hacia la ciudad, lo que puede resultar interesante a la hora de estudiar el tráfico de personas en el centro de las ciudades.

34. ¿Realizaría más viajes a...?

[Más detalles](#)



Ilustración 26. Resultados sobre a dónde se realizarían más viajes.

También se preguntó a los encuestados sobre si creen que aprovecharán el tiempo de viaje en un vehículo autónomo para realizar actividades que, de viajar en un vehículo convencional, no podrían realizar. La mayoría de las respuestas se decanta por que sí aprovecharían el tiempo frente a otro sector bastante amplio que no

35. ¿Cree que aprovecharía el tiempo de viaje para realizar actividades como trabajar/estudiar?

[Más detalles](#)

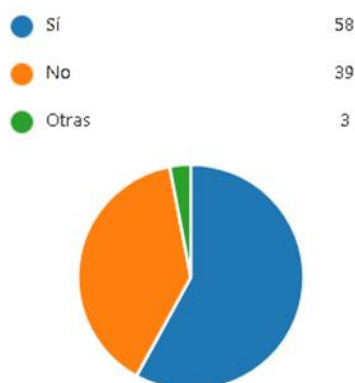


Ilustración 27. Resultados sobre si se aprovecharía el tiempo durante el trayecto.

3.3.6 Usos de suelo ciudad y territorio

Al preguntarles por si se deberían de reducir las plazas de aparcamiento, más de la mitad de los encuestados veía con buenos ojos no reducirlas. Esto implica que sí existe una fuerte dependencia de plazas de aparcamiento ligadas al hecho de tener en propiedad un vehículo. De los 60 encuestados que creen que no deberían de reducirse las plazas de aparcamiento, 53 poseen un vehículo propio.

36. USOS DE SUELO, CIUDAD Y TERRITORIO. Los vehículos autónomos van a estar la mayor parte del tiempo en tránsito. Teniendo esto en cuenta, ¿cree que se deberían reducir las plazas de aparcamiento?

[Más detalles](#)

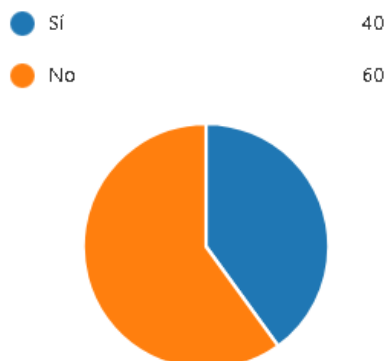


Ilustración 28. Resultados sobre la reducción de plazas de aparcamientos

Poniendo a los usuarios en la situación de que se deban de reducir las plazas de aparcamiento, ya que parece que será una consecuencia natural del uso compartido de vehículos autónomos, se les preguntó por dónde creerían conveniente que se redujeran estas plazas. Algo más de la mitad de los encuestados optaron por reducir plazas de aparcamiento en el centro, lo que daría pie a dar otros usos a estos espacios. No obstante, un sector bastante importante, sigue considerando que no deberían de reducirse las plazas de aparcamiento. Esto podría traducirse en que los usuarios todavía no ven claro el valor añadido que podrán traer los vehículos autónomos por lo que se aferran a tener la posibilidad de aparcar.

En el caso de que los vehículos autónomos sean de uso extendido, y considerando que no todo el mundo podrá acceder a comprar un vehículo autónomo para sí, inevitablemente se compartirán más los trayectos, lo que harán cada vez más prescindibles las plazas de aparcamiento.

Sólo 13 de los 47 encuestados que creen que se deberían reducir plazas en el centro de la ciudad viven precisamente en el centro.

37. En caso de que crea que se deben reducir las plazas de aparcamiento, ¿dónde creería conveniente su reducción?

[Más detalles](#)

Centro de la ciudad	47
Periferia urbana o afueras	3
En los municipios del entorno	1
No creo que deban reducirse l...	39



Ilustración 29. Resultados sobre dónde reducir los aparcamientos.

Preguntando por dónde piensan los encuestados que es mejor que se aparquen los vehículos autónomos, las respuestas han sido variadas. Por orden de mayor a menor número de respuestas, la opción más popular ha sido la de los actuales parkings disuasorios, seguida de aparcamientos en la periferia, aparcamientos subterráneos en el centro, polígonos industriales y otras respuestas.

38. ¿Dónde piensa que es mejor que se aparquen/almacenen los vehículos autónomos?

[Más detalles](#)

En el centro en parkings subte...	23
En actuales parkings disuasori...	32
Polígonos industriales	14
Periferia	27
Otras	4



Ilustración 30. Resultados sobre ubicación de posibles aparcamientos para vehículos autónomos.

Dentro de la pregunta de qué usos les daría a las plazas de aparcamiento que ya no fuesen necesarias, la respuesta más popular fue la de zonas verdes, seguida de nuevos equipamientos y zonas peatonales. Las opciones menos elegidas fueron la de estaciones de carga para vehículos, paradas para recoger pasajeros, áreas comerciales y otras.

39. ¿Qué usos le daría a las plazas de aparcamiento que ya no fueran necesarias?

[Más detalles](#)

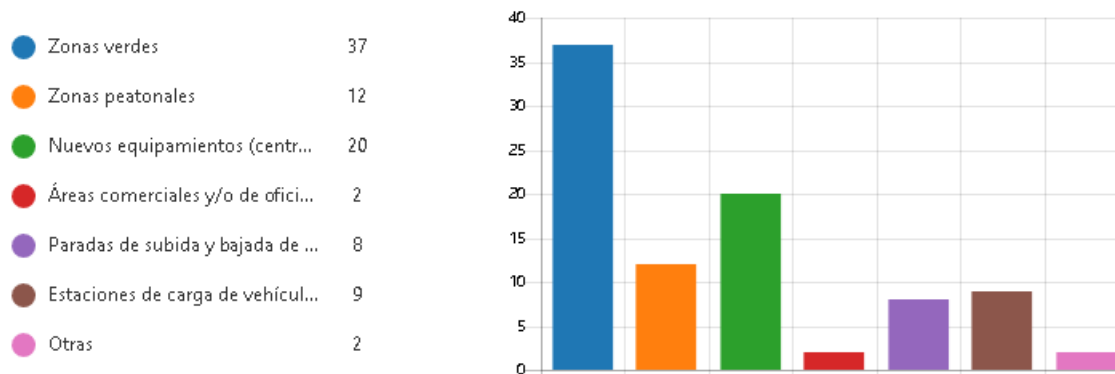


Ilustración 31. Usos plazas de aparcamiento innecesarias.

Sobre la pregunta de dónde pondrían los puntos de recogida de pasajeros, casi el mismo número de encuestados eligieron colocarlas en las actuales paradas de autobús, seguido de puerta a puerta. El resto de opciones no cuentan con un porcentaje de votos con peso específico suficiente. Quizás, aunque no llega siquiera al 10%, la respuesta de en las actuales paradas de taxi no sea despreciable.

40. ¿Dónde pondría los puntos de recogida de pasajeros?

[Más detalles](#)

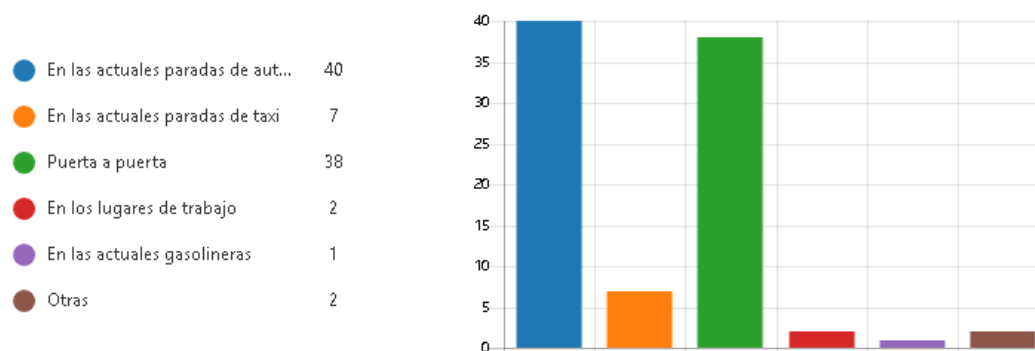


Ilustración 32. Resultados sobre puntos de recogida para pasajeros.



Como previsiblemente los vehículos autónomos serán eléctricos o contarán con equipos de carga distinto de los combustibles fósiles, será necesario colocar puntos de recarga energética. Le preguntamos a los encuestados qué lugar creían más adecuado para la instalación de dichos puntos de recarga. Más del 75% de los encuestados eligieron la opción de colocarlos en las actuales gasolineras. Un porcentaje bastante menor eligió puntos en las afueras.

41. ¿Dónde piensa que deberían colocarse los puntos de carga energética para estos vehículos?

[Más detalles](#)

● En las actuales gasolineras	73
● Puntos en las afueras	20
● Otras	7



Ilustración 33. Resultados sobre puntos de carga.

A la pregunta sobre si restringiría el uso de los vehículos autónomos a alguna de estas zonas, dos tercios de los encuestados respondieron que no lo restringirían. La siguiente respuesta más popular restringiría los vehículos autónomos en todo el centro urbano. Poco más de un 1% optó por restringirlos en toda la ciudad.

42. ¿Restringiría el uso de vehículos autónomos a alguna de estas zonas?:

[Más detalles](#)

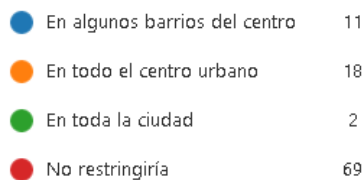


Ilustración 35. Resultados sobre restricción de vehículos autónomos.

Se puso a los encuestados en la situación de que se recorrerían mayores distancias en menos tiempo. Se preguntó por si trabajarían o estudiarían más lejos. Sólo un porcentaje muy pequeño dijo que sí. El resto de respuestas cuentan con un porcentaje muy similar entre sí, con una ligera superioridad de la opción poco probable, seguida de la opción más probable y la opción de “no”.

43. Sabiendo que se recorrerán mayores distancias en menos tiempo, ¿trabajaría/estudiaría más lejos?

[Más detalles](#)

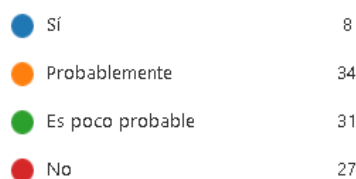


Ilustración 36. Resultados sobre la realización de actividades en lugares más lejanos.

Ante la pregunta de si elegiría ubicaciones más alejadas para vivir, la respuesta mayoritaria fue la de “poco probable” seguida de “no”, frente a las respuestas “sí” y “probablemente”. Esta reticencia a cambiar de residencia la presentan en su mayoría las personas con edades superiores a los 50 años

44. ¿Elegiría ubicaciones más alejadas para vivir?

[Más detalles](#)



Ilustración 37. Resultados sobre la posibilidad de elegir ubicaciones más distantes para vivir.

3.4 Síntesis de resultados

A continuación, se recoge en las siguientes tablas todos los resultados obtenidos de la encuesta, clasificados por categorías. Cada fila hace alusión a una pregunta. Los valores a la derecha de cada respuesta son los correspondientes a dicha respuesta.

CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO													
Sexo.	Hombres	41%	Mujeres	59%									
Edad.	<20 años	2%	20-34	12%	35-49	34%	50-64	47%	>65	5%			
Nivel educativo.	ESO	5%	Bachillerato	4%	FP	21%	Grado	34%	Posgrado	34%			
Situación laboral.	Autónomos	22%	Estudiantes	3%	Paro	6%	Trabajo doméstico	5%	Trabajador	64%			
Sector de trabajo.	A. Agraria	1%	Industria	8%	Construcción	3%	Sanidad	11%	Educación	21%	Servicios	12%	Otros
Ingresos mensuales netos por hogar en euros €.	0 a 999	16%	1000 a 1999	23%	2000 a 2999	25%	3000 o más	27%	NS/NC	9%			
Número de personas en el hogar.	1	11%	2	27%	3	18%	4	25%	5	12%	6	5%	
Número de personas dependientes (niños, mayores, discapacitados...) en el hogar.	0	41%	1	23%	2	21%	3	11%	4	2%	5	1%	6
¿Cuál es su lugar de residencia actual?	Periferia	31%	Centro	29%	Municipios	35%	Z. Rural	5%					

Tabla 8 Resumen de resultados: Caracterización del usuario.

CARACTERIZACIÓN DE LOS VIAJES													
¿Posee carnet de conducir?	Sí	93%	No	7%									
¿Tiene vehículo propio?	Sí	95%	No	5%									
Número de vehículos en el hogar.	0	2%	1	36%	2	46%	3	9%	4	5%	5	2%	
¿Cuánto tiempo emplea en transporte al día?	0 min	5%	1-30min	20%	31-60 min	30%	1-2 h	22%	2-3 h	7%	Más de 3h	16%	
¿Cuál es su motivo de viaje más habitual?	Trabajo	72%	Estudios	3%	Compras	8%	Ocio	9%	Visitas a familiares/amigos	5%	Otras	3%	
Sabiendo que podría conducirse más rápido, ¿qué tiempo estaría dispuesto/a a dedicar al transporte al día?	0 min	13%	1-30min	31%	31-60 min	42%	61min-120min	6%	121min-180min	6%	Más de 3h	2%	
En relación a la búsqueda de vivienda, ¿qué tipología prefiere?	Vivienda unifamiliar	1*	Manzana cerrada	2*	Bloque abierto	3*							
De nuevo en la elección de vivienda y por orden de preferencia, ¿qué aspectos son más relevantes para usted?	Cercanía al trabajo	1*	Cercanía servicios	2*	Precio	3*	Acceso por transporte público	4*	Tamaño	5*	Disponibilidad de aparcamiento	6*	Acceso a comercios
En caso de que haya elegido Otros en primer lugar, diga cuáles.	Ocio	2	Entorno, calidad y naturaleza	5	Equipamientos	3							
Orden de mayor a menor qué dotaciones o servicios son más preferentes en la elección de vivienda.	Comercio	1*	Centros educativos	2*	Instalaciones deportivas	3*	Centros sanitarios	4*	Otros	5*			
En caso de que haya elegido Otros en primer lugar, diga cuáles.	Ocio	2	Trabajo	1	Seguridad y tipo de zona	3	Centros deportivos	2	Parques y jardines	1			

Tabla 6 Resumen de resultados: Caracterización de los viajes.

GRADO DE CONOCIMIENTO DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS E INTENCIÓN DE USO													
¿Había oído hablar de los vehículos autónomos?	Sí	77%	No	23%									
Se estima que el precio de un vehículo autónomo será de 75000€. ¿Estaría dispuesto a comprarlo?	Sí	9%	No	91%									
Si no estuviera dispuesto, ¿lo estaría por una cantidad inferior?	40000-75000	11%	<40000	40%	No en ningún caso	44%							
¿Con quién estaría dispuesto/a a compartir trayecto? Puede elegir varias opciones.	Familiares	79	Amigos	69	Compañeros de trabajo/clase	54	Desconocidos	9					
CONSECUENCIAS E IMPACTOS GENERALES DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS													
¿Cree que con estos vehículos se reduciría la polución?	Sí	31%	Probablemente	45%	Es poco probable	17%	No	7%					
¿Cree que mejorará la posibilidad de desplazarse de niños, mayores o discapacitados?	Sí	36%	Probablemente	52%	Es poco probable	7%	No	5%					
¿Cómo cree que afectarán estos vehículos a la economía? Puede elegir varias opciones.	Se crearán nuevos puestos de trabajo	57	Se perderán puestos de trabajo	39	Hará crecer la economía	20	Otras	4					
¿Para quién cree que serán más seguros los vehículos autónomos?	Peatones, ciclistas	6%	Pasajeros	15%	Ambos	63%	Ninguno	16%					

Tabla 7 Resumen de resultados: Grado de conocimiento de los vehículos autónomos e intención de uso y consecuencias e impactos generales

MOVILIDAD														
¿Cree que se reducirán los tiempos de viaje?	Sí	18%	Probablemente	45%	Es poco probable	28%	No	9%						
¿Cree que competirá con la bici, hoverboards, patinetes eléctricos... en distancias cortas (menos de 10 km)?	Sí	14%	Probablemente	30%	Es poco probable	25%	No	31%						
¿Cree que competirá con el transporte público en las distancias medias y largas (más de 10km)?	Sí	35%	Probablemente	42%	Es poco probable	15%	No	8%						
¿Estaría dispuesto/a a cambiar los servicios de bus y taxi por el uso compartido de vehículos autónomos?	Sí	27%	Probablemente	38%	Es poco probable	22%	No	13%						
¿Qué tarifa vería más adecuada para utilizar vehículos autónomos de forma compartida?	Similar a la del autobús	73%	Similar a la del taxi	27%										
¿Realizaría más viajes...?	Centro	23%	Afuera	8%	Ambos	13%	Mismos viajes	56%						
¿Cree que aprovecharía el tiempo de viaje para realizar actividades como trabajar/estudiar?	Sí	58%	No	39%	Otras	3%								
USOS DE SUELO, CIUDAD Y TERRITORIO														
¿Cree que se deberían reducir las plazas de aparcamiento?	Sí	40%	No	60%										
¿Dónde creería conveniente su reducción?	Centro	51%	Periferia	3%	Municipios del entorno	1%	No creo que deban reducirse	45%						
¿Dónde piensa que es mejor que se aparken/almacenen los vehículos autónomos?	Centro parkings subterráneos	23%	Actuales parkings disuasorios	32%	Polígonos industriales	14%	Periferia	27%	Otras	4%				
¿Qué usos le daría a las plazas de aparcamiento que ya no fueran necesarias?	Zonas verdes	39	Zonas peatonales	13	Nuevos equipamientos	23	Áreas comerciales	5	Paradas de subida y bajada	8	Estaciones de carga	10	Otras	2
¿Dónde pondría los puntos de recogida de pasajeros?	Paradas de autobús	43	Paradas de taxi	10	Puerta a puerta	39	En los lugares de	5	Gasolineras	1	Otras	2		
¿Dónde piensa que deberían colocarse los puntos de carga energética para estos vehículos?	Gasolineras	73%	Puntos en las afueras	20%	Otras	7%								
¿Restringiría el uso de vehículos autónomos a alguna de estas zonas?	Barrios del centro	11%	Centro urbano	18%	Toda la ciudad	2%	No restringiría	69%						
Sabiendo que se recorrerán mayores distancias en menos tiempo, ¿trabajaría/estudiaría más lejos?	Sí	8%	Probablemente	34%	Es poco probable	31%	No	27%						
¿Elegiría ubicaciones más alejadas para vivir?	Sí	12%	Probablemente	20%	Es poco probable	41%	No	27%						

Tabla 9 Resumen de resultados: Movilidad, usos de suelo, ciudad y territorio.

3.5 Discusión contrastada

Los resultados que arroja la encuesta realizada son comparables en cierta medida con las investigaciones llevadas a cabo por otros autores. En este apartado se procede a crear una discusión que sirva de contraste entre las averiguaciones llevadas a cabo por investigadores y los datos que se pueden obtener de este estudio.

A la hora de caracterizar al usuario, se comprueba que hay similitud entre las respuestas relativas a la demografía obtenida en la encuesta de este estudio y la de las encuestas llevadas a cabo por otros autores como Kaur & Rampersad (2018) y Piao et al. (2016). A continuación se presentan las tablas de resultados de estos autores.

Table 1
Demographics and driving details on respondents.

Category	Variable	Percentage (%)
Gender	Male	37
	Female	62
Age	Under 20	30
	21-30	55
	31-40	13
	41-50	0
	51-60	2
	61-70	0
	Above 70	0
Valid driving licence	Yes	86
	No	14
Highest level of education	Less than a bachelor degree	51
	Bachelor degree	34
	Master degree	15
	Doctoral degree	0
Current level of employment	Employed full time	12
	Employed part time	23
	Not currently employed	9
	Retired	0
	Full time student	52
	Part time student	4
	Unemployed	0
Vehicle most driven	Passenger car	64
	UV (utility vehicle)	3
	SUV (sport utility vehicle)	7
	Motorcycle/scooter	10
	I do not drive	13
	Other	3
Ever ridden in a driverless vehicle?	Yes	1
	No	99

Tabla 10 Resultados demográficos del estudio de Kaur & Rampersad (2018)

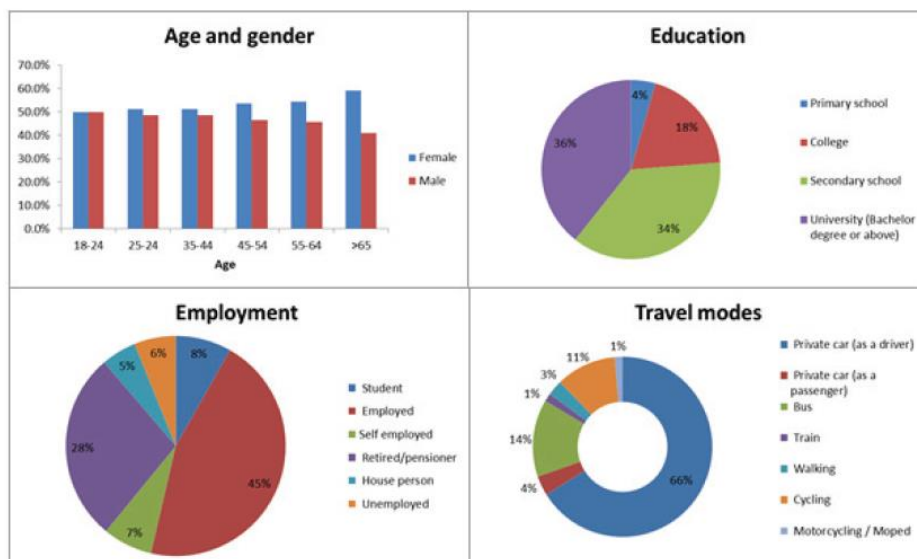


Fig. 2. Demographic attributes of the respondents

Ilustración 38. Resultados demográficos del estudio de Piao et al. (2016)

De estos estudios se puede observar que la población de la encuesta de este trabajo de fin de máster posee un mayor porcentaje de población con estudios superiores que los encuestados por estos trabajos.

Cabe destacar que en parámetros como los modos de transporte, la opción mayoritaria con la que coinciden todos los estudios es el vehículo privado.

Sobre el grado de conocimiento que presentan los encuestados sobre los vehículos autónomos, los resultados del estudio reflejan que más del 75% de los encuestados habían oído hablar previamente sobre estos vehículos. Es sin duda una cifra mayor que la que presentan los autores Schoettl & Sivak (2014) de los países de Estados Unidos, Australia y Reino Unido, que también tienen elevados porcentajes de respuestas afirmativas sobre el conocimiento de los vehículos autónomos (más del 60% en los tres casos). También destacan la actitud positiva hacia los vehículos autónomos con respuestas positivas que superan el 50% en todos los casos salvo en Australia, que supera el 60% de los encuestados. Jinan Piao et al. (2016) también hacen referencia a la actitud generalmente positiva. Hulse et al. (2018) hablan de una actitud buena ante el riesgo que supondría esta nueva tecnología y buena percepción frente a otros modos de transporte. En los resultados obtenidos se puede ver reflejada esta actitud positiva ya que el 77% de los encuestados piensa que la incorporación de los vehículos autónomos creará nuevas industrias y hará crecer la economía.

En lo que respecta a toda la serie de impactos que podría llegar a producir la llegada de los vehículos autónomos, los resultados son bastante inciertos.

Previsiblemente los vehículos autónomos empezarán a introducirse a través de partes de la sociedad capaces económicamente de permitirse la compra de este medio de transporte como un bien de lujo. Una vez se vayan estandarizando, es probable que sean cada vez más económicos y accesibles para toda la población.

En lo que a medio ambiente se refiere, el 86% de los encuestados está del lado de la creencia de que los vehículos autónomos reducirán la polución, dato que está en línea con las previsiones de Fagnant & Kockelman (2015) y Zhang et al. (2018).

Los resultados sobre los posibles impactos en la sociedad reflejan que el 88% de los encuestados considera que los vehículos autónomos facilitarán la movilidad de grupos dependientes como mayores, niños y discapacitados. Ello se ve reflejado también en los estudios de Rödel, et al. (2014), Schoettl et al. (2014,2015) y Fagnant, et al. (2015a).

En cuanto a seguridad, la población de esta encuesta presenta una percepción positiva ya que se cree que las mejoras tecnológicas servirán para reducir el número de accidentes producidos por error humano. Esto es contrario a lo que presentan los autores J.D. Power (2013) y Brannon (2017), quienes afirman que la mayoría de la población estadounidense desconfía de los vehículos autónomos por considerarlos menos seguros.

Sobre la demanda de viajes se espera que su aumento equilibre el tiempo de viaje y los costes asociados a los vehículos autónomos a largo plazo. Son varios los estudios que han concluido que los vehículos autónomos podrían inducir la realización de nuevos viajes. La demanda aumentaría debido a los cambios en la elección del destino, elección de modo y al número de viajes realizados (véase, por ejemplo, Childress et al., 2015; Correia & van Arem, 2016; Fagnant & Kockelman, 2015; Gucwa, 2014; Levin & Boyles, 2015; Milakis et al., 2017a). No obstante, en los resultados recogidos por la encuesta de este trabajo se puede observar que un 56% de los encuestados declararon que realizarían el mismo número de viajes en caso de utilizar vehículos autónomos.

Dado que los encuestados optaron como primera opción por la elección de una vivienda de tipología unifamiliar, se puede entender como una futura tendencia hacia el incremento de población en las zonas exteriores de las ciudades. Tendría lugar una mayor demanda de viajes, debido a la reubicación de los ciudadanos en estas zonas exteriores y la proliferación de servicios de uso compartido de vehículos. Según Gelauff et al. (2017), la concentración de actividades podría ser otro de los resultados de la sustitución de servicios tradicionales de transporte público, como bus, tren y metro, por servicios puerta a puerta con vehículos autónomos compartidos, algo que un 77% de los encuestados ven con buenos ojos. Este resultado es importante porque se infiere que puede haber una tendencia fuerte al crecimiento disperso, basado en las preferencias de los usuarios, que los vehículos autónomos podrían incluso potenciar aún más.

Según la encuesta de JD Power (2013), el 37% de los encuestados estaría interesado en comprar un coche totalmente autónomo reduciéndose al 20% tras saber que la tecnología tendría una serie de costes adicionales de £1,800. Esto contrasta con los resultados de la encuesta del trabajo ya que el 91% de los encuestados no estaba dispuesto a adquirir un vehículo autónomo. Sólo al informarles de que el precio podría ser menor del que inicialmente se les mostró, la cifra bajó al 44%, dejando un 56% de encuestados que sí estarían interesados.

A pesar de los beneficios encontrados por Martínez-Díaz & Soriguera (2018) a la hora de compartir vehículos autónomos, según los resultados obtenidos de la encuesta, muy poca gente estaría dispuesta a compartir

coche con desconocidos. Las opciones más populares siendo familiares y amigos seguidos de los compañeros de trabajo. Ello parece indicar que existe cierta desconfianza hacia este uso de los vehículos autónomos. Si los vehículos autónomos no son compartidos es probable que se fomente un tipo de movilidad poco sostenible como el actual.

No obstante, siendo los desplazamientos al hogar y a los lugares de trabajo los más frecuentes entre los encuestados, puede ser que el uso compartido de vehículos autónomos vaya más orientado a compartir este tipo de trayectos.

Según los resultados obtenidos, los encuestados no parecen propensos a trabajar o estudiar más lejos ya que el 58% de los participantes no estaba dispuesto o no lo veían como una opción clara. Esto junto con el hecho de que el 68% de los encuestados respondieron bien que no estarían dispuestos a vivir más lejos o que sería poco probable, indicaría que no se producirían efectos de dispersión urbana. Este resultado choca con el hecho de que los encuestados prefieren vivir en una vivienda de tipo unifamiliar, tipología característica de las afueras de las ciudades. Esto se contrapone con los estudios mencionados en el bloque de usos de suelo ciudad y territorio, ya que como ejemplo tenemos a Gelauff et al. (2017) que encontraron que se podría tender a una mayor dispersión en caso de aparecer los vehículos autónomos.

Dentro de los impactos en los usos de suelo y zonificación, Correia et al. (2016) sugieren que aparecerán en los suburbios existentes centros de empleo, nuevos comercios y centros de ocio, llevando a estos núcleos a convertirse en importantes centros periféricos en el futuro gracias a las facilidades que presentarán los vehículos autónomos, haciendo que los usuarios tiendan a mudarse a áreas suburbanas. Esto coincide con las respuestas obtenidas en este estudio, pues las preferencias a la hora de elegir vivienda dan a entender que los encuestados prefieren las ventajas de vivir en zonas fuera de los centros urbanos pero con todos los servicios y equipamientos necesarios.

Los resultados relativos a los impactos en los aparcamientos reflejan que los usuarios no son propensos a que se reduzcan plazas de aparcamiento. Se prevé que se reduzca la propiedad de vehículos privados (y que dado su elevado coste inicial muchos usuarios no están dispuestos a comprarse uno) y se tienda a un sistema compartido. No obstante, hay que destacar que dependerá del número de personas que quieran utilizar los vehículos autónomos y de si estarían dispuestas a compartirlo con otros usuarios. En el caso de que el número de personas que utilicen vehículos autónomos compartidos sea reducido, se tenderá a la existencia de más vehículos ya que se querrá adquirir vehículos propios. Boesch et al. (2016) demostraron que la cantidad de vehículos aumenta en más del 50% si la

participación de la población en sistemas compartidos cae. Por lo tanto, de la demanda de estacionamiento se podría esperar un aumento de las plazas de aparcamiento. Varios estudios sugieren que los vehículos autónomos compartidos pueden llegar a reemplazar a los vehículos de transporte compartido convencionales. Si se sustituyesen todos los vehículos convencionales por vehículos autónomos, la llegada de servicios compartidos supondría un incremento en la demanda de estacionamiento, ya que se añadirían vehículos autónomos compartidos que requerirán más espacio que los medios de transporte público como son los autobuses (Boesch et al., 2016; Chen et al., 2016; Fagnant & Kockelman, 2014; Milakis et al., 2017b; Spieser et al., 2014; Zhang et al., 2015).

4. Conclusiones

En este trabajo se han analizado las posibles implicaciones que puede traer consigo la llegada de los vehículos autónomos tanto para el sistema de transporte como para los sistemas urbanos en general.

Dada la naturaleza de los vehículos autónomos, el presente estudio se ha basado en supuestos y percepciones de los usuarios sobre cómo afectará su uso a las ciudades en el futuro. Ya que los vehículos autónomos hoy en día no se encuentran presentes en las calles, es difícil predecir cual será el comportamiento de la sociedad en relación a ellos. Los impactos dependerán de factores variados como el desarrollo tecnológico, las reacciones del mercado y las acciones regulatorias. Sin embargo, algunos de estos impactos deben considerarse en el presente para poder desarrollar una planificación que considere la posible implantación de los vehículos autónomos en el medio plazo.

La población tiene cierto grado de conocimiento de los vehículos autónomos, y ve con buenos ojos el utilizarlos de manera compartida con personas con las que tienen algún tipo de familiaridad como amigos o compañeros de trabajo. Hay una percepción generalmente positiva por parte de los encuestados sobre los vehículos autónomos. En todas las categorías, salvo excepciones puntuales, los ciudadanos entienden los vehículos autónomos como una mejora que puede aportar muchos beneficios a la sociedad, desde la posibilidad de mejorar la movilidad de personas dependientes, hasta la creación de nuevas industrias que puedan tener un impacto positivo en la economía. Esto significa una mayor facilidad a la hora de introducir estos vehículos en el mercado y que poco a poco vaya siendo más común su uso en las calles de las ciudades. Hay que destacar que a la hora de adquirir un vehículo autónomo, muy pocos encuestados estaban dispuestos a comprar un autónomo al precio estimado, siendo este pequeño grupo compuesto por personas con ingresos superiores a los 2000€ al mes.

Los vehículos totalmente autónomos, es decir, nivel 5 según la SAE harán los viajes de forma que se reduzcan los costes y se mejore la seguridad, por lo que personas dependientes dispondrán de una mayor facilidad a la hora de acceder al transporte. La movilidad de las personas podrá cambiar, dando paso a una nueva forma de entender la movilidad como un servicio y llegando a más sectores de la población de una manera más eficaz. Se mejorará el desplazamiento para niños, mayores y discapacitados, lo que puede conducir a un aumento en la demanda de viajes y que tengan lugar fenómenos de crecimiento en áreas suburbanas y por tanto se produzca una expansión urbana.



El uso de vehículos autónomos podrá conllevar una serie de beneficios ambientales para las áreas urbanas. Es probable que los vehículos autónomos empleen energía eléctrica para moverse y sean más eficientes. Por lo tanto, serán menos contaminantes, darán pie a la creación de nuevas industrias y tendrán un impacto positivo en la economía, aunque la previsible pérdida de puestos de trabajo es algo que los encuestados han destacado también como una posibilidad. Cabe decir que más de dos terceras partes de los encuestados que piensan que los vehículos autónomos harán crecer la economía poseen un nivel educativo elevado.

Estos vehículos serán más seguros tanto para los pasajeros como para los peatones y ciclistas. El transporte en vehículos autónomos debería mejorar la seguridad, evitando los accidentes causados por distracciones al volante. No obstante, los vehículos autónomos quizás introduzcan nuevos riesgos como posibles fallos en el sistema informático.

Se cree que los tiempos de viaje se reducirán, lo que hará que las personas estén dispuestas a pasar algo más de tiempo en los vehículos y por tanto recorran distancias algo mayores. La importancia del tiempo que se pasa dentro del vehículo es probable que se reduzca al poder realizar otro tipo de actividades como leer, estudiar, o estar trabajando desde un ordenador. Esta situación redundaría en la posibilidad de que se recorran distancias mayores, pudiendo provocar un aumento de la dispersión urbana o un incremento de la densidad de núcleos urbanos periféricos.

Los encuestados en este estudio parecen reticentes a aumentar su número de viajes por la disponibilidad de vehículos autónomos, lo que podría suponer que la demanda de transporte se mantuviera. Sin embargo, dado el nuevo acceso de las personas dependientes a la movilidad en coche, esta demanda podría aumentar en cierta medida.

El hecho de que se crea que los vehículos autónomos vayan a competir con el transporte público en distancias medias y largas puede dar pie a validar el uso de vehículos autónomos compartidos como alternativa a los modos de transporte público tradicionales como bus y metro. También, el hecho de que la mayoría de los encuestados estén dispuestos a sustituir los servicios de autobús y taxi por vehículos autónomos compartidos, podría suponer un problema ya que se incrementaría aún más el número de coches en las calles generando más congestión y contaminación. Sorprende que más del tres cuartos partes de los encuestados que están dispuestos a compartir un vehículo tienen más de 35 años y que más de la mitad son mujeres, lo que implica un elevado grado de confianza en el sistema futuro.



Las ciudades podrían ver modificadas dinámicas actuales de organización y ordenación urbana. Las vías y los aparcamientos presentarán en un futuro una imagen distinta a la de hoy en día, si el uso de los vehículos autónomos fuera mayoritariamente compartido. Los vehículos autónomos podrán ahorrar espacio, no solo reduciendo la cantidad de vehículos estacionados, sino también reduciendo el espacio requerido para estacionarlos.

Sin embargo, a partir de los datos recabados se observa que la idea de tener que disponer de un vehículo propio continúa muy arraigada entre los usuarios, así como disponer de aparcamiento, lo que supone una reticencia al uso de vehículos autónomos compartidos. Además, los vehículos privados siguen siendo vistos como un elemento de estatus y los encuestados no ven con buenos ojos que se restrinja su capacidad de circular por diferentes zonas de las ciudades.

Dado que los encuestados no tienden a preferir ubicaciones más distantes para vivir, ni tampoco para trabajar o estudiar, no deberían de producirse efectos de dispersión urbana, sino más bien de densificación de los centros de las ciudades. Esto choca con que, en su mayoría, los encuestados preferirían vivir en viviendas de tipología unifamiliar. Sin embargo, también valoraron la cercanía al trabajo y a los servicios como puntos positivos, por lo que los vehículos autónomos podrían favorecer la consolidación y crecimiento de núcleos periféricos en las ciudades en los que se podría disponer de todas las dotaciones principales. Se puede hablar por lo tanto de que los vehículos autónomos pueden favorecer, en caso de que se controle su implantación con una planificación adecuada, un crecimiento urbano de tipo policéntrico y concentrado. Sin embargo, este tipo de crecimiento urbano, así como la consecución de una movilidad más sostenible, requiere que los vehículos autónomos se usen de forma compartida. Se necesitará por lo tanto que se implanten políticas que fomenten el uso compartido de los vehículos autónomos para evitar dinámicas negativas, desde el punto de vista de la sostenibilidad, como una mayor dispersión urbana, la creación de más espacios de aparcamiento y la reducción de la importancia del transporte público y de los modos de transporte activos.

Referencias

- Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P. D., Filippi, F., & Persia, L. (2015). Automated vehicles and the rethinking of mobility and cities. *Transportation Research Procedia*, 5, 145–160.
- Bansal, P., Kockelman, K. M., & Amit Singh. (2016). Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective.
- Bartels, A., Hesse, T., Ruth-schumacher, S., & Vogt, W. (2013). Legal consequences of an increase in vehicle automation.
- Beecroft, M., & Pangbourne, K. (2014). Transportation Planning and Technology Future prospects for personal security in travel by public transport, (January 2015), 37–41.
- Begg, D. (2014). Vision for London : a 2050 Vision for London : what are the implications of driverless transport?
- Boesch, P. M., Ciari, F., & Axhausen, K. W. (2016). Autonomous vehicle fleet sizes required to serve different levels of demand, 2542(4).
- Boston Consulting Group. (2015). Revolution in the driver's seat, The road to autonomous vehicles.
- Burns, Lawrence D. William C. Jordan, B. A. S. (2013). Transforming Personal Mobility, Lawrence D. Burns, Director, Program on Sustainable Mobility.
- Casley, S. V., Jardim, A. S., & Quartulli, A. M. (2013). A Study of Public Acceptance of Autonomous Cars.
- Childress. (2015). Using An Activity-Based Model To Explore Possible Impacts Of Automated Vehicles.
- Cohen, S. A., & Hopkins, D. (2020). Annals of Tourism Research Autonomous vehicles and the future of urban tourism. *Annals of Tourism Research*, 74(October 2018), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.10.009>
- Conceição, L., Correia, G., & Tavares, J. P. (2017). The deployment of automated vehicles in urban transport systems: A methodology to design dedicated zones. *Transportation Research Procedia*, 27, 230–237.
- Davidson, P., & Spinoulas, A. (2015). Autonomous vehicles - What could this mean for the future of transport?
- Fagnant, D. J., & Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles : opportunities , barriers and policy recommendations, 77, 167–181.
- Fernandes, P., & Nunes, U. (2012). Platooning With IVC-Enabled Autonomous Vehicles : Strategies to Mitigate Communication Delays

- , Improve Safety and Traffic Flow, 13(1), 91–106.
- Fraedrich, E., Heinrichs, D., Bahamonde-Birke, F. J., & Cyganski, R. (2018). Autonomous driving, the built environment and policy implications. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, (xxxx), 0–1.
- G. Gelauff, I. Ossokina & C. Teulings. (2017). Spatial effects of automated driving: dispersion, concentration or both?, (September), 1–8.
- Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140.
- Grube-cavers, A., & Patterson, Z. (2015). Urban rapid rail transit and gentrification in Canadian urban centres: A survival analysis approach, 52(1), 178–194.
- Gucwa, M. (2014). Mobility and Energy Impacts of Automated Cars.
- Hulse, L. M., Xie, H., & Galea, E. R. (2018). Perceptions of autonomous vehicles: Relationships with road users, risk, gender and age. *Safety Science*, 102(October 2017), 1–13.
- ITF (International Transport Forum). (2015). Urban Mobility System Upgrade: How shared self-driving cars could change city traffic.
- Janin, L., & Raynard, C. (2016). La voiture sans chauffeur, bientôt une réalité.
- JD Power, (2013). Autonomous driving technology continues to gain consumer interest. 25 April.
- Johnson, B. B. R. R. (2015). Disruptive Mobility : AV Deployment Risks and Possibilities, (July).
- Kaur, K., & Rampersad, G. (2018). Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars. *Journal of Engineering and Technology Management - JET-M*, 48(November 2017), 87–96.
- Kyriakidis, M., Happee, R., & Winter, J. C. F. De. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5,000 respondents, (November).
- Leurent, F., & Berrada, J. (2017). Modeling Modeling Transportation Transportation Systems Systems involving involving Autonomous Autonomous Vehicles : Vehicles : State of the Art A State of the Art. *Transportation Research Procedia*, 27, 215–221.
- Levin, M. W., Boyles, S. D., & Kockelman, K. M. (2016). A general framework for modeling shared autonomous vehicles.
- Litman, T. (2014). Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning.



- Martínez-Díaz, M., & Soriguera, F. (2018). Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges. *Transportation Research Procedia*, 33, 275–282.
- Milakis, D., Kroesen, M., & van Wee, B. (2018). Implications of automated vehicles for accessibility and location choices: Evidence from an expert-based experiment. *Journal of Transport Geography*, 68(December 2017), 142–148.
- Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B., 2017. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4), 324-348.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2013). National Highway Traffic Safety Administration Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles.
- Outwater, M. L., Sana, B., Ferdous, N., & Woodford, W. (2013). Characteristics of premium transit services that affect mode choice: key findings and results.
- Papa, E., Ferreira, A. (2018). Sustainable Accessibility and the Implementation of Automated Vehicles : Identifying Critical Decisions, 1–14.
- Piao, J., McDonald, M., Hounsell, N., Graindorge, M., Graindorge, T., & Malhene, N. (2016). Public Views towards Implementation of Automated Vehicles in Urban Areas. *Transportation Research Procedia*, 14(0), 2168–2177.
- SAE. (2014). Automated driving levels of driving automation SAE International Standard J3016.
- SAE. (2016). J3016_201609.
- SAE. (2019). J3016_201806.
- Safdie. (1998). The city after the automobile An Architects vision.pdf.
- Salonen, A. O. (2018). Passenger ' s subjective traf fi c safety , in-vehicle security and emergency management in the driverless shuttle bus in Finland. *Transport Policy*, 61 (October 2017), 106–110.
- Schoettle, B., & Sivak, M. (2014). A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K. and Australia, (July).
- Shaldiver, S. E., & Lu, X.-Y. (2013). Impacts of Cooperative Adaptive Cruise Control on Freeway Traffic Flow Impacts of Cooperative Adaptive Cruise Control on Freeway Traffic Flow Impacts of Cooperative Adaptive Cruise Control on Freeway.

- Shaw, R. (2014). *Geoforum Beyond night-time economy: Affective atmospheres of the urban night*, 51, 87–89.
- Spieser, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., & Pavone, M. (2014). *Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated Mobility-on-Demand Systems: A Case Study in Singapore* The MIT Faculty has made this article openly available . Please share Citation Accessed Citable Link Detailed Terms Toward a Syst, 0–16.
- Torre, M., Dijk, V., Frederiek, S., Beek, V., & Graham, P. (2017). *Autonomous vehicles: The next jump in accessibilities?*, 9(2).
- Zakharenko, R. (2016). *Self-driving cars will change cities. Regional Science and Urban Economics*, 61, 26–37.
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., & Zhang, G. (2018). *Exploring the Impact of Shared Autonomous Vehicles on Urban Parking Demand: An Agent- based Simulation Approach. Current Neurovascular Research*, 15(1), 63–71.
- Zhao, Yong et Kockelman, K. (2017). *Anticipating The Regional Impacts of Connected and Automated Vehicle Travel in Austin, Texas.*, 1–13.
- Zmud, J., Sener, I. N., & Wagner, J. (2016). *Consumer Acceptance and Travel Behavior Impacts of Automated Vehicles Final Report Consumer Acceptance and Travel Behavior Impacts of Automated Vehicles*.